



FACULTAD DE MEDICINA.
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID.

PATODINAMIA DE LA LESIÓN LUXANTE DE LA CADERA EN
DESARROLLO EN PERIODO PRECOZ. APORTACIONES SOBRE UN
MODELO EXPERIMENTAL.

Fernando Manuel Canillas del Rey

Tesis Doctoral. Facultad de Medicina.
Universidad Autónoma de Madrid.
Madrid, 2009.

Director: Dr. D. Emilio Delgado Baeza.

Ponente: Dr. D. Javier Larrauri Martínez



Facultad de Medicina

D. EMILIO DELGADO BAEZA, DOCTOR EN MEDICINA Y CIRUGÍA.
FACULTAD DE MEDICINA. UNIDAD DE HISTOLOGÍA.
DEPARTAMENTO DE ANATOMÍA, HISTOLOGÍA Y NEUROCIENCIA.
HOSPITAL LA PAZ.

CERTIFICA:

Que el trabajo titulado: “**PATODINAMIA DE LA LESIÓN LUXANTE DE LA CADERA EN DESARROLLO EN PERIODO PRECOZ. APORTACIONES SOBRE UN MODELO EXPERIMENTAL**” presentado por D. Fernando Manuel Canillas del Rey, Ldo. en Medicina y Cirugía, ha sido realizado bajo mi dirección y considero que reúne las condiciones para ser leído y defendido como Tesis Doctoral en la Universidad Autónoma de Madrid.

Y para que conste a efectos académicos, firmo el presente CERTIFICADO en Madrid a 5 de Mayo de 2009.

Dr. D. Emilio Delgado Baeza.

Este trabajo ha sido realizado con la ayuda del Fondo de Investigaciones Sanitarias, proyecto PI/070499.

A mi madre y hermana a las que nunca agradeceré suficientemente su apoyo, su vitalidad y sus consejos.

A mi padre (*In memoriam*) por seguir iluminando mi camino.

A mis hijas Nuria, Lucía y Marta, a las que he robado tanto tiempo, para que aprecien el valor del sacrificio y del trabajo.

A Dolores, por su entrega incondicional y su amor.

Agradecimientos.

Al Dr. Emilio Delgado Baeza, director y amigo, por su apoyo entusiasta, por su magisterio de la investigación y, sobre todo, de la vida. Para él mi gratitud infinita y mi amistad.

A la Dra. Predestinación García Ruiz, sin cuya ayuda y estímulo no se habría podido desarrollar este trabajo.

A la Dra. María del Carmen Fernández Criado, a la Dra. Antonia Martos y a María Jesús Delgado por su asesoría y sabios consejos sobre los animales y el laboratorio.

A la Dra. Lucía Prensa del Departamento de Anatomía, Histología y Neurociencia por colaborar en la obtención de imágenes 2x.

A D^a María Pilar Barredo Sobrino, Directora de la Biblioteca de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Madrid, a D^a Mercedes Echevarría Morrás, Bibliotecaria de la Biblioteca de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Madrid y a D^a María Luz Benedicto Riaza, Bibliotecaria de la Biblioteca del Hospital de la Cruz Roja por su ayuda en la obtención de todo el material bibliográfico de este trabajo.

Al personal del Animalario de la U.A.M, David, Elis, Manolo, Miguel y Santi por su ayuda y su disponibilidad para realizar este trabajo.

A D. Daniel Nieto López, cuya ayuda para poder iniciar esta andadura nunca podrá ser suficientemente agradecida, mi amistad y mi gratitud.

Al Dr. Miguel Angel Hernán Prado, con el que inicié los primeros pasos en el campo de la investigación, mi amistad y mi gratitud.

A D. Jorge Sanjurjo Navarro, y a mis compañeros de trabajo, por su apoyo y estímulo para desarrollar este trabajo.

INDICE.

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Anatomía de la articulación coxo-femoral.....	4
1.1.1. Acetábulo o cotilo.....	5
1.1.2. Cartílago trirrariado.....	6
1.1.3. Superficie articular.....	7
1.1.4. Trasfondo.....	7
1.1.5. Cápsula.....	8
1.1.6. Escotadura, canal y agujero isquio-púbico.....	9
1.1.7. Ligamento redondo	9
1.1.8. Labrum.....	11
1.1.9. Ligamento transverso.....	12
1.1.10. Cabeza femoral y cuello.....	13
1.1.11. Músculos.....	13
1.1.12. Inervación.....	14
1.1.13. Vascularización.....	14
1.1.14. Embriología.....	14
1.2. Anatomía comparada de la cadera de animales.....	16
1.3. La enfermedad luxante de cadera en el humano.....	21
1.4. Antecedentes históricos.....	23
1.5. Modelos experimentales de enfermedad luxante de cadera.....	25
1.6. Teorías etio-patogénicas de la enfermedad luxante de cadera.....	27
1.7. Patodinamia de la enfermedad luxante de cadera.....	30
2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	42
2.1. Hipótesis.	43
2.2. Objetivos.....	44
3. PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO.....	45
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	48

4.1. Material.....	49
4.1.1. Estudios preliminares.....	49
4.1.2. Especímenes usados en el estudio comparativo morfológico, macroscópico e histológico de animales.....	49
4.1.3. Animales de experimentación del ensayo.....	50
4.1.4. Material del animalario. Condiciones del mismo.....	51
4.1.5. Material anestésico.....	52
4.1.6. Material quirúrgico.....	52
4.1.7. Material para estudio radiográfico.....	52
4.1.8. Material de estudio histológico.....	53
4.1.9. Material histométrico.....	53
4.1.10. Material informático.....	53
4.1.11. Material iconográfico.....	54
4.2. Métodos.....	55
4.2.1. Estudio macroscópico de anatomía comparada.....	55
4.2.2. Diseño del modelo experimental.....	55
4.2.3. Procedimiento de ensayo.....	56
4.2.4. Método de eutanasia.....	57
4.2.5. Criterios de inclusión y exclusión.....	57
4.2.6. Parámetros valorados tras la eutanasia.....	58
4.2.7. Parámetros valorados en el estudio morfológico en las caderas.....	59
4.2.8. Método radiográfico.....	61
4.2.9. Medición macroscópica del acetábulo.....	73
4.2.10. Medición macroscópica de la hemipelvis.....	75
4.2.11. Medición macroscópica de la cabeza femoral.....	77
4.2.12. Método histológico.....	81
4.2.13. Método histométrico.....	82
4.2.14. Método iconográfico.....	82
4.2.15. Método estadístico.....	83
5. RESULTADOS.....	84

5.1. Evaluación macroscópica e histológica de las estructuras del acetábulo en distintas especies.....	85
5.1.1. Estudio macroscópico de la rata.....	85
5.1.2. Estudio macroscópico de la rana adulta.....	114
5.1.3. Estudio macroscópico del sapo adulto (un año).....	120
5.1.4. Estudio macroscópico de la salamandra.....	128
5.1.5. Estudio macroscópico del tritón.....	131
5.1.6. Estudio macroscópico de la tortuga.....	134
5.1.7. Estudio macroscópico de la codorniz	136
5.1.8. Estudio macroscópico del pollo	139
5.1.9. Estudio macroscópico del caballo	145
5.1.10. Estudio macroscópico del conejo.....	147
5.1.11. Estudio macroscópico del gato.....	152
5.1.12. Estudio macroscópico de la oveja.....	155
5.1.13. Estudio macroscópico del primates.....	157
5.1.14. Estudio macroscópico del humano.....	163
5.1.15. Resumen del estudio anatómico comparativo.....	174
5.2. Resultados de los estudios experimentales.....	176
5.2.1. Resultados de la valoración macroscópica.....	177
5.2.2. Resumen de los resultados de la valoración macroscópica del ensayo.	197
5.2.3. Resultados de la valoración radiográfica.....	200
5.2.4. Resumen de los resultados de la valoración radiográfica del ensayo.	210
5.2.5. Resultados macroscópicos de los componentes de la articulación de la cadera.....	213
5.2.6. Resumen de los resultados de la valoración macroscópica del ensayo.	224
5.2.7. Resultados histológicos en el grupo de ratas de cuatro días.....	227
5.2.8. Resumen de los resultados histológicos en el grupo de ratas de cuatro	

días.....	245
5.2.9. Resultados histológicos en el grupo de ratas de una semana.....	246
5.2.10. Resumen de los resultados histológicos en el grupo de ratas de una semana.....	265
5.2.11. Resultados histológicos en el grupo de ratas de dos semanas.....	267
5.2.12. Resumen de los resultados histológicos en el grupo de ratas de dos semanas.....	274
5.2.13. Resultados grupo de ensayo miscelánea.....	275
5.2.14. Resumen de los resultados en el grupo de ratas de miscelánea.....	281
6. TABLAS.....	282
7. DISCUSIÓN.....	301
8. CONCLUSIONES.....	324
9. RESUMEN.....	326
10. BIBLIOGRAFÍA.....	328

1. INTRODUCCIÓN.

Introducción.

La luxación congénita de la cadera es una de las patologías que se presenta en el inicio de la vida pero puede presentar secuelas durante toda la vida. Se caracteriza por alterarse la relación anatómica entre la cabeza y el acetábulo, y por lo tanto alterar la estática y la dinámica de la cadera. Es una patología que es conocida desde hace siglos pero sigue teniendo gran interés ya que sigue presentando un gran número de incógnitas en su etiología, patodinamia y tratamiento. Incluso en la actualidad se la está dando más importancia ya que se le atribuyen la causa de algunos cuadros de dolor de cadera hasta ahora poco reconocidos y por ser responsable de algunos cuadros de artrosis de cadera hasta ahora considerados idiopáticos. El tema que se propone es objeto de unas de las líneas de investigación de nuestro Laboratorio, que trata sobre la luxación congénita de cadera^{4,5,6,48,64,65,66,99,100}.

El tema de estudio de este trabajo es analizar la patodinamia inicial de la lesión luxante de cadera en desarrollo en un modelo experimental en rata. Para aproximarnos al problema, y en una primera fase del trabajo, se propone realizar un estudio de anatomía comparada de los acetábulos de distintos animales para dilucidar si hay similitudes o diferencias que orienten en la elección del modelo animal para el estudio de la cadera. En una segunda fase, se propone desarrollar el trabajo experimental propiamente dicho y en él analizar las características que componen los primeros pasos de la patodinamia de la lesión luxante de cadera con especial atención al suelo del acetábulo, hasta ahora muy poco estudiado.

Asumimos de entrada los límites de este trabajo, realizado en un modelo experimental que tiene como principio la fijación en extensión de una extremidad posterior del animal, en nuestro caso de la rata, y derivados de varios artefactos inherentes al mismo. En primer lugar, hemos de establecer que cualquier trabajo de

Introducción.

experimentación animal no puede ser equiparado a la práctica humana por mucho que encontremos similitudes con la anatomía y fisiología entre ambos. Ahora bien, también es cierto, que los hallazgos en experimentación animal ayudan a la aproximación al problema humano. En segundo lugar, sabemos que la enfermedad luxante de la cadera es multifactorial y nuestro trabajo se realiza sobre un modelo experimental que se inicia con un factor mecánico que produce la lesión luxante. Esto ofrece como desventaja que la fijación en extensión de la extremidad posterior implica la participación de acontecimientos extrínsecos a la articulación de la cadera (i.e. posición, musculatura, marcha) con consecuencias biomecánicas que no son estudiadas en el presente trabajo, pero no por ello dejan de tener implicaciones importantes en la patodinamia de la lesión. Tiene como ventaja que al ser un único factor podemos controlarlo con más facilidad y tener resultados más homogéneos. En este sentido, este modelo ha sido usado por Sijbrandij (1965) y Michaelson (1972) con importantes aplicaciones en la clínica humana en la prevención de las lesiones en la lesión luxante de la cadera en desarrollo. En último lugar, el estudio se concentra sólo en las primeras fases de la lesión y de forma específica en el estudio de los elementos internos de la articulación coxofemoral, debido a que nos interesaban especialmente los primeros momentos de la patodinamia.

1.1. Anatomía de la articulación coxo-femoral.

La articulación coxo-femoral o cadera, como componente de la pelvis, establece la conexión entre el tronco y las extremidades inferiores o caudales. En los animales, esta articulación participa en una doble función al mantener la estática del cuerpo, que los mantiene en posición, y la dinámica, que permite su traslación^{45,205}. En el hombre, estas funciones añaden un hecho de especialización, característico y único que es el bipedismo y que es considerado como uno de los factores que participó en el proceso de hominización (Fig.1). Es decir, aproximadamente hace 3,5 o 4 millones de años, aparece el *Australopithecus*, que comienza a caminar usando los miembros inferiores y se quedan liberados los miembros superiores que pueden empezar a usarse para manipular instrumentos^{103,161}. Mejora su índice de encefalización, cambia de hábitos alimentarios²⁶⁰ y de área geográfica, lo cual parece participar en la mejora de su desarrollo cerebral²⁰⁵.

La forma de la cadera es definida como enartrosis que se caracteriza por presentar tres grados de movimiento al estar constituida por segmentos o superficies esféricas que encajan entre sí^{45,200,232,269,271}. Esto permite no sólo los tres grados de movimiento antes señalado sino un movimiento característico de esta articulación que se conoce como circunducción que consiste en la combinación de movimientos en los tres ejes de espacio con la rotación de la articulación^{45,200}. Esta capacidad de movimientos aparece tanto en el hombro (unión entre tronco y extremidades superiores) como en la cadera, aunque en ésta su función estática o de sostén es más predominante que la función dinámica, que si está más desarrollada en la cintura escapular.

La cadera está constituida por una oquedad hemisférica en la cara lateral del hueso innominado o coxal o hemipelvis o iliaco, conocida como acetábulo o cotilo, y la

cabeza femoral, también hemisférica, que constituye la zona más proximal del fémur. Desarrollaremos las características principales de estas estructuras y sus componentes asociados.

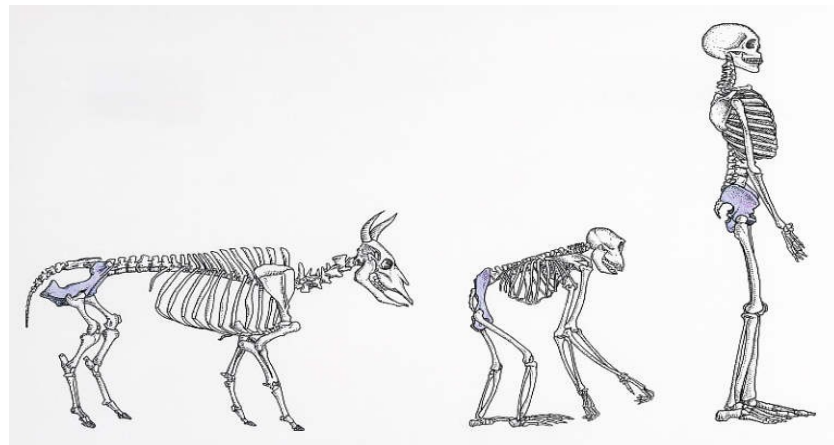


Fig. 1. Representación de la evolución en la marcha. Se representa un cuadrúpedo, un primate y un ser humano. Tomado de DK Images.

1.1.1. Acetábulo o cotilo.

O cavidad acetabular o cotiloidea^{200,269}. Es la oquedad esférica de la pelvis que participa en formar la cadera. Está formado por la unión de los tres huesos que componen el hueso innominado o coxal, que son el ilion, isquion y pubis^{200,232,269}. De esta manera, la cavidad acetabular está participada por los tres huesos, aunque en diferentes proporciones, sobre todo a favor del ilion e isquion. En el inicio, cuando no están fusionados, presentan un cartílago trirradiado en forma de T que se continúa con otro cartílago que forma la superficie articular. Ambos cartílagos permiten el desarrollo

Introducción.

integrado de los tres huesos e incrementan la ampliación del perfil hemisférico del acetábulo. Los centros secundarios de osificación aparecen en el cartílago trirradiado y conducirán al cierre y fusión de los tres huesos en la pelvis postnatal. En el periodo pre y neonatal es completamente cartilaginoso y muy deformable¹⁹. En el feto, el cartílago acetabular está constituido por una fina capa de cartílago hialino homogéneo con escasos condrocitos redondeados, contiguo a la zona de formación ósea se observa una placa de crecimiento con columnas regulares de células. El cartílago fisario acetabular contribuye en el incremento de la profundidad del acetábulo mientras que el cartílago trirradiado es, sobre todo, responsable del incremento de su diámetro²⁰. El crecimiento del acetábulo depende de la formación de condrocitos en la zona proliferativa que es más variable en la zona hipertrófica^{39,40}, y que está sujeta al efecto del estímulo mecánico^{147,211,276}. En el adulto, el acetábulo está orientado hacia caudal 45° y en 15° de anteversión, consiguiendo cubrir 170° de la cabeza femoral^{215,216}. Está rodeado de saliente óseo denominado ceja cotiloidea, que rodea al acetábulo menos en la zona inferior donde hay una gran depresión, denominada escotadura isquiopubiana, que comunica la articulación con el exterior.

1.1.2. Cartílago trirradiado.

Está constituido por epífisis y fisis del ilion, isquion y pubis. Su aspecto recuerda a una Y²⁶⁹. El crecimiento acetabular depende de la fisis que rodea toda la superficie articular, mientras que las ramas participan en el crecimiento de los tres huesos señalados^{43,137,160,211}. Las fisis de las ramas son bipolares, de modo que la zona germinativa se localiza en el centro de la rama¹⁵⁸. Los extremos de las ramas están cubiertos de pericondrio y una capa delgada de tejido fibroso^{209,284}.

1.1.3. Superficie articular.

Es muy característico de esta articulación que la superficie articular no la tapiza en su totalidad sino que deja una zona central e inferior sin la misma. El aspecto es de una herradura o semiluna, que corresponde al pubis en la zona anterior, al ilion en la superior y al isquion en la zona posterior. Esta forma particular del cartílago parece que optimiza la distribución de las cargas en la articulación⁶¹, y además la presencia de cierta incongruencia entre cabeza femoral y acetábulo podría servir para distribuir mejor los fluidos⁴⁴. La zona articular central que no está tapizada presenta un ligero declive, de modo que hablaríamos de un plano articular superficial, denominado *fascies lunata*, y una oquedad profunda que se denomina trasfondo y que no soporta cargas^{61,200}. El pubis aporta la quinta parte de la superficie articular mientras que isquion e ilion lo hacen con dos quintas partes cada uno²⁰⁰, aunque hay autores que restan papel al pubis en la configuración final del acetábulo^{208,291}. El grosor del cartílago aumenta en la zona ventro-craneal del acetábulo y en la zona medial de la fóvea de la cabeza¹⁴⁷. Los estudios de distribución de cargas indican que la superficie antero-superior es el área que soporta más cargas¹, pero las distribuciones parecen ser distintas en los animales^{29,189}. Cuando se observa el isquion, se aprecia que su zona proximal actuaría de pedestal del acetábulo²³² y es lo que se denomina cuerpo del isquion; se continúa hacia inferior con la rama del isquion para unirse a la rama del pubis que también desciende, configurando el agujero obturador.

1.1.4. Trasfondo.

Representa la zona central e inferior del acetábulo, y está en un plano más profundo que la superficie articular y carece de cartílago²²². Sappey (1874) la denomina cavidad posterior o fondo posterior. De esta manera, nos encontraríamos con dos

espacios, uno intra-articular y otro situado bajo la articulación que se continúa con el canal isquio-púbico. Está constituido por un tejido fibro-graso denominado pulvinar, que llena la cavidad y la eleva hasta la superficie articular, de modo que ésta se observa perfectamente regular²³². Se sabe que no participa en soportar las cargas a las que está sometida la articulación.

1.1.5. Cápsula.

La cápsula envuelve la cabeza femoral y llega hasta la línea intertrocantérica en su cara anterior, aunque en la zona posterior el tercio lateral del cuello queda extra-capsular. Está formada de tejido fibroso con cuatro ligamentos: a) un refuerzo anterior denominado ligamento de Bigelow o de Bertin o iliofemoral²⁰⁰, cuyas fibras suelen estar relajadas excepto en la extensión completa lo cual permite la posición erecta sin necesitar contraer los músculos, b) en la cara posterior está el ligamento isquio-femoral, que restringe la rotación interna y la adducción con la cadera flexionada^{116,200} y que es menos más débil que la estructura capsular anterior^{117,200}, c) un ligamento pubofemoral, muy débil y limita los movimientos de abducción, y d) un ligamento zonular o circular que no se une al hueso. En la cápsula como en el ligamento redondo abundan fibras de colágeno de tipo I, III y V¹⁹⁴. La cápsula participa en estabilizar la articulación, pero el principal factor de estabilidad articular es la presión negativa que se produce en acetábulo y fémur como ya demostrara Sappey (1874) al conseguir mantener la cadera estable de un miembro sin apoyo tras seccionar todos los músculos y la propia cápsula, y sólo al perforar el fondo articular se desprende la cabeza femoral. Como señala Orts Llorca (1984), el agujero isquiopubiano no está tapiado por la cápsula por lo que los vasos que lo penetran hacia el ligamento redondo son extraarticulares.

1.1.6. Escotadura, canal y agujero isquio-púbico.

Como se ha señalado antes, la cavidad articular se comunica con el exterior a través del canal isquio-púbica, de modo el trasfondo se continúa hacia el exterior en su zona inferior y es el responsable de que la superficie articular tenga forma de herradura. La ceja cotiloidea también se interrumpe y deja una depresión denominada escotadura isquio-púbica. El labrum se apoya en la ceja cotiloidea y salta sobre la escotadura formando el ligamento transversal y convirtiendo la escotadura en agujero. Este está ocupado por tejido fibro-graso y por él pasan la vascularización para el ligamento redondo. Está sujeto a los cambios de presión acetabular de modo que actúa como válvula de presión^{127,232}.

1.1.7. Ligamento redondo .

Como señala Sappey (1874), ha sido inapropiadamente denominado como ligamento interóseo, ligamento triangular y ligamento redondo (Fig.2). Frente a los ligamentos extraarticulares situados en la cápsula, este sería un ligamento intraarticular²⁰⁰. Esta estructura es triangular y acintada y se dirige desde la fovea de la cabeza femoral (situada en la zona posterior e inferior del centro) hasta ambos bordes del agujero obturador saliendo de la cavidad hasta el periostio del isquion^{45,232}, así como al ligamento transversal. Está cubierto de un epitelio sinovial cuboidal. En su interior se encuentran tres arterias^{59,274,275} que son ramas de la arteria obturatriz²⁰⁰ y la mayoría del tejido corresponde a tejido fibroso compuesto por colágeno, que es del tipo I, III y V como en la cápsula¹⁹⁴. En general, las fibras tipo I participarían en mantener la fuerza, mientras que el tipo III influiría en la elasticidad¹⁹⁴. Desde el punto de vista embriológico, procede de una masa de mesodermo común al ligamento transversal²²⁵.

Introducción.

Trueta (1957) y Chung (1976) han señalado que desde el nacimiento hasta los 3-4 años de edad, la vascularización del ligamento no contribuye a la nutrición de la cabeza femoral, que depende de los vasos epifisarios laterales que penetran desde la región lateral subcapital. El estudio histológico indica que existen fibras nerviosas libres lo cual avala que pudiera tener un papel en la nocicepción articular^{156,191,233}.

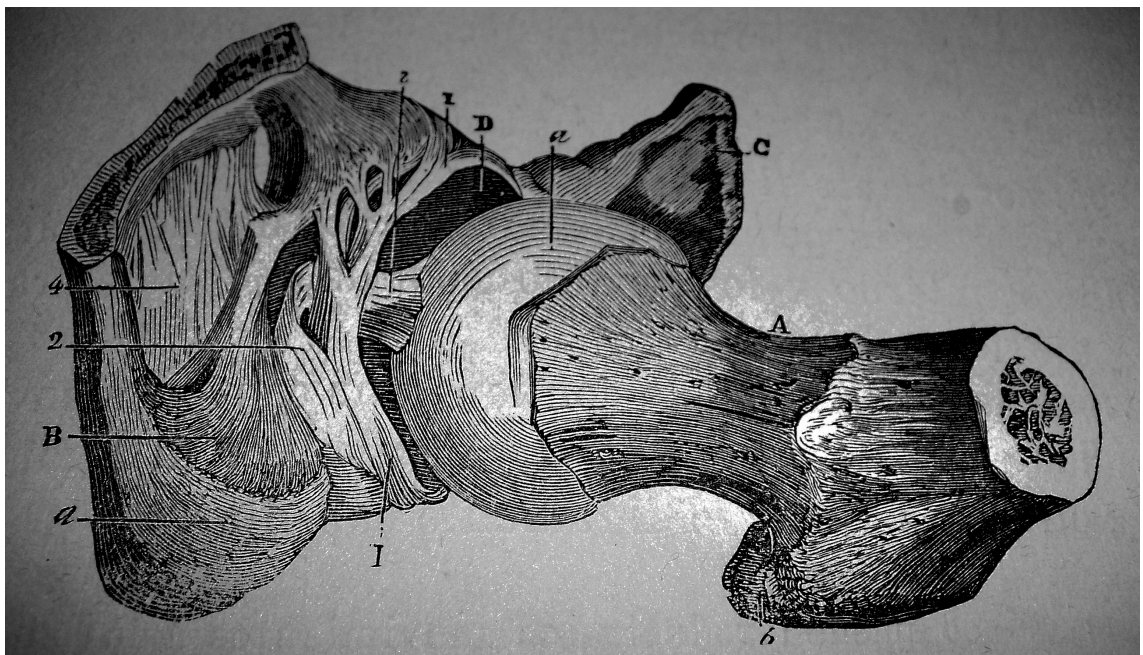


Fig.2. Imagen de la articulación coxo-femoral. Visión desde caudal. A: parte proximal del fémur. a: superficie articular de la cabeza femoral, b: trocánter mayor. B: isquion. C: pubis. d: tuberosidad isquiática. D: cavidad cotiloidea. 1: rodete o labrum cotiloidea. 2,3: ligamento redondo o interarticular. 4: membrana obturatriz. Tomado de Anatomía Descriptiva, Calleja J, 1897.

El significado del ligamento redondo ha sido un gran tema de debate, incluso se discrepa en los movimientos que limita en la cadera. Así, Orts Llorca (1984) señala que el ligamento redondo limita la adducción y la rotación externa, mientras que Testut (1984) indica que limita la flexión con rotación externa. Para Sappey (1874) su función

Introducción.

es sólo llevar la vascularización a la cabeza femoral, aunque señala que es portador de nervios y que los movimientos de la cadera repercuten en la movilidad del ligamento, sobre todo en las terminaciones que se dirigen al canal isquio-pubiano. Calleja (1897) lo denomina como conducto más que ligamento. Tillaux (1880) lo denomina ligamento de retención (“ligamento fiador”) por su función limitante del movimiento, lo cual ha sido apoyado por Orts Llorca (1984) que señala que el ligamento redondo actúa en la retención de la postura en la que el resto de los ligamentos están en reposo (aducción y rotación externa), de modo que tendría un papel retentivo. Sutton (1897) y Lozano (1898) señalan que al estudiar varios animales ha encontrado una gran correlación con el tendón de un músculo semejante al músculo pectíneo con el que a veces se asocia al propio tendón como ocurre en el caballo o en el avestruz. Para otros autores (Moser, citado por Testut²⁶⁹), podría ser un vestigio (sin función) de refuerzos de la cápsula articular que aparece en reptiles y anfibios y que al evolucionar y al cambiar la orientación articular (como ocurre en aves y mamíferos) termina pasando al interior de la articulación. Vialleton (1924) le da más importancia y cree que no se debe a ningún proceso de rotación de los miembros sino que se ha formado *in situ* y debe tener funciones mecánicas. En la actualidad, se ha querido buscar su papel en la mecánica de la cadera^{50,294}, como indica la pérdida de propiedades mecánicas con la edad y su hipertrofia adaptativa durante la necrosis isquémica de la cabeza femoral y durante la luxación de cadera para evitarla. Para Crelin (1976) el ligamento redondo es más importante que la cápsula en la estabilidad articular.

1.1.8. Labrum.

Se define como una estructura fibro-conjuntiva de sección triangular que rodea el reborde acetabular aumentando la zona de contacto y la estabilidad entre cabeza y el

acetábulo^{200,203,232,269,285,286}. Ha sido denominado como ligamento cotiloideo o como limbus²². Se separa de la superficie articular mediante una grieta fisiológica²⁰³. Entre sus funciones destaca: mantener la presión negativa intra-articular, actuar como banda de tensión en la marcha y mejorar la lubricación articular y la presurización del fluido hidrostático⁸³. La vascularización tiene un patrón semejante al menisco de la rodilla con una zona capsular más vascularizada que la articular¹³⁶. Los vasos provienen de la cápsula y no son abundantes, llegando sólo al tercio externo del labrum^{203,237}. La innervación proviene de nervios libres^{136,215,216}. Está compuesto de fibras de colágeno I, y en menor número del tipo II y III, dirigidas en la dirección de las fuerzas, de modo que es frágil en dirección perpendicular de las mismas²⁰³. Se han descrito tres capas con diferente orientación y tipo de fibras de colágeno²⁰³, destaca la zona externa formada por tejido fibro-conjuntivo con predominio de fibras de colágeno tipo I y III, mientras que la zona interna, o articular, estaría constituida por un fibro-cartílago delgado con fibras de colágeno tipo II.

1.1.9. Ligamento transverso.

Representa el labrum en su zona inferior, formando el techo del canal isquio-pubiano que está ocupado por tejido conectivo y por una rama de la arteria obturadora que va al ligamento redondo^{200,232,269}. Presenta dos entesis que se unen al pubis y al isquion con una zona central formada por fibro-cartílago, con predominio de fibras de colágeno tipo II^{31-2,185}. El estudio de fuerzas en la cadera indica que éstas se transmiten, sobre todo a los cuernos anteriores y posteriores de la superficie articular^{159,152}, y actuaría de banda de tensión que resiste la apertura del suelo del acetábulo durante la marcha. El papel del ligamento transverso es debatido ya que su resección parece que

no afectaría a la mecánica ni a la anatomía de la articulación, lo cual apuntaría a que carece de función¹⁴⁴.

1.1.10. Cabeza femoral y cuello.

La cabeza femoral está alojada y cubierta por el acetábulo constituyendo la cadera o articulación coxo-femoral. Gracias al labrum, la cobertura del acetábulo es mucho mayor, lo cual ayuda a la estabilidad articular. Esta cobertura al nacer es mayor que en el adulto^{200,232,269}.

La vascularización está constituida por dos anillos anastomóticos en la epífisis proximal del fémur, uno extra-capsular y otro intra-articular con diferentes ramas ascendentes en el cuello^{53,200,274,275}. Destaca el papel de las arterias cervicales ascendentes laterales^{55,97,274,275} en la vascularización del cuello y de la cabeza. El cuello femoral tiene una anteversión de 35° al nacimiento mientras que en el adulto es de 10°⁵⁴.

1.1.11. Músculos.

La cadera es una articulación rodeada de veintisiete músculos^{200,269,215}, lo cual habla de su estrecha relación con la mecánica de las extremidades. Señalamos los trabajos de Beck (2000,2001) que han dado gran importancia al papel del músculo glúteo menor en la estabilización de la cabeza en el acetábulo, así como su participación en la deformidad que aparece en la cabeza femoral, sobre todo en las luxaciones espásticas. En algunas razas de perro, la displasia de cadera es una patología frecuente, que en el caso del pastor alemán lleva a afectar al 50% de los animales y que ha sido relacionada con afectación de la musculatura, especialmente por la hipotrofia del músculo pectíneo que restringe la abducción y que unido a la laxitud articular son los factores iniciadores de la enfermedad^{46,47}.

1.1.12. Inervación.

El nervio obturador inerva la zona antero-medial de la cadera, la cápsula anterior está inervada por ramas del nervio femoral. La zona posterior de la cadera está inervada por ramas del nervio ciático, a las que se unen ramas del nervio cuadrado femoral para la cápsula posterior, así como otras que proceden del nervio glúteo superior^{35,200,269}.

1.1.13. Vascularización.

Las arterias de la cadera son ramas de la arteria circunfleja medial y lateral, de la rama profunda de la arteria glútea superior y la arteria glútea inferior^{136,200,269}.

1.1.14. Embriología.

No se puede entender la displasia del desarrollo de la articulación de la cadera sin esbozar aunque sólo sea de manera resumida el proceso embriológico de la cadera. Sabemos que está implicados factores genéticos, que establecen un modelo predeterminado, y factores mecánicos, que contribuyen al modelaje posterior^{57,82,84,95,154,155,193,225,261,287}.

En los dos primeros meses de gestación, conocido como periodo embrionario, se produce la fase de diferenciación desde una masa celular del mesodermo hasta precartilago y cartilago. La cabeza femoral y el acetábulo proceden de las mismas células mesenquimales primitivas¹⁹⁷. La aparición de cavidad articular se debe a una mezcla de proceso mecánico y degenerativo²²⁵. A la sexta semana (el embrión mide 10mm) se inicia la cavitación articular y a las ocho semanas (longitud del embrión de 30 mm) ya están todos los elementos de la cadera, incluyendo el labrum acetabular, el ligamento transversal y el ligamento redondo, que inician su proceso de vascularización.

Introducción.

Las células del ligamento redondo aparecen como fibroblastos primitivos con núcleo ovoide y emergen del ligamento transverso²²⁵, que aparece *in situ* entre isquion y pubis²²⁵.

Con posterioridad, se desarrolla el periodo fetal o de crecimiento que se inicia con la osificación endocondral del ilion y que como cualquier cartílago de un hueso largo parece responder a sollicitaciones mecánicas siguiendo la ley de Hueter-Volkmann^{87,242,277} que sostiene que las fuerzas compresivas inhiben el crecimiento y las fuerzas tensiles lo estimulan. La osificación del isquion se retrasa hasta el cuarto mes, y después lo hará el pubis.

Durante este periodo fetal de desarrollo hay crecimiento intersticial del cartílago acetabular y del labrum, osificación endocondral del cartílago de crecimiento del acetábulo y osificación del ala ilíaca¹²⁶.

Una de los datos más importantes es que el estrés mecánico es el factor extrínseco más importante en el desarrollo fetal⁶³. Otro dato de interés es que al nacer es cuando el acetábulo es más plano respecto de la cabeza (sólo la cubre en una tercera parte), de modo que su estabilidad depende sobre todo de las partes blandas más que con la congruencia cabeza-acetábulo^{84,214,285}. Tras el nacimiento, la presión de la cabeza femoral determinará el modelaje de la cavidad ósea acetabular^{80,95,101,193,225,261,284,285,287}.

La osificación del coxal se realiza en tres puntos separados para dar lugar al ilion, isquion y pubis, que acabarán por soldarse tras el nacimiento. Al 6º-8º año se suelda el isquion con el pubis. Entre los 9-12 años aparecen varios puntos de osificación en el acetábulo que forman los huesos acetabulares y que se soldarán a los 14-16 años de edad²⁰⁰. Entre los núcleos secundarios, destacamos tres, uno es el núcleo que se sitúa en el centro del cartílago trirradiado, el segundo es el que se sitúa en la zona terminal de la rama ilio-isquiática y el tercero, y más importante, es el núcleo que se sitúa en la zona

Introducción.

terminal de la rama ilio-púbica y que dará lugar al hueso cotilideo u *os acetabuli* que se osifica a los doce años y da lugar a la espina del pubis^{208,269,249,250} y participa de manera importante en el desarrollo del techo acetabular^{93,249,250}.

1.2. Anatomía comparada de la cadera de animales.

“...nunca consultaremos bastante (la anatomía comparada) cuando se trate de establecer la significación de una formación anatómica.”

Testut, L. En Anatomía Humana. Barcelona, 1984.

El ser humano es el único animal que mantiene la posición erecta y puede mantener la rodilla completamente en extensión. Desde que el anfibio puso el primer paso para conquistar el suelo y salir del mar, se han desarrollado diferentes cambios adaptativos hasta llegar al sistema de la marcha humana^{200,224}. A lo largo de los siglos, se han mantenido diferentes rasgos anatómicos y funcionales, así como han aparecido, cambiado o modificado muchos rasgos que constituyen una pléyade de caracteres que son los que configuran la reconstrucción filogenética y que están determinados fundamentalmente por factores mecánicos^{200,227}.

La pelvis es una estructura tan importante en la anatomía que ha servido para la clasificación de los fósiles de los dinosaurios, dado que su gran tamaño ha favorecido su conservación hasta nuestros días. Así se habla de: - ornitisquios (Orden *Ornithischia*), que corresponde a reptiles herbívoros bípedos con pico, dientes y una pelvis semejante a la de las aves actuales con isquion y pubis paralelos y dirigidos hacia caudal, y de - saurisquios (Orden *Saurischia*), que incluyen reptiles con pelvis semejantes a los

Introducción.

reptiles actuales con isquion y pubis dirigidos en direcciones diferentes (pubis hacia craneal e isquion a caudal) (Fig.3). Es de señalar que aunque se hable de dinosaurios con pelvis de ave, éstas procedentes del grupo de los saurisquios. La estructura de la pelvis ha experimentados un proceso de adaptación asociado a las modificaciones en la marcha, el peso y el entorno²⁷⁷. Es conocido que los miembros inferiores y la marcha de los cangrejos marinos no difiere de los congéneres que no abandonaron el mar¹⁰⁶; es a partir de los anfibios en el periodo Devoniano (entre 400-350 millones de años antes de nuestra era) cuando aparecen los miembros inferiores de los tetrápodos adaptados a la marcha fuera del agua y cuando surgen los procesos evolutivos de los miembros inferiores^{200,244}.

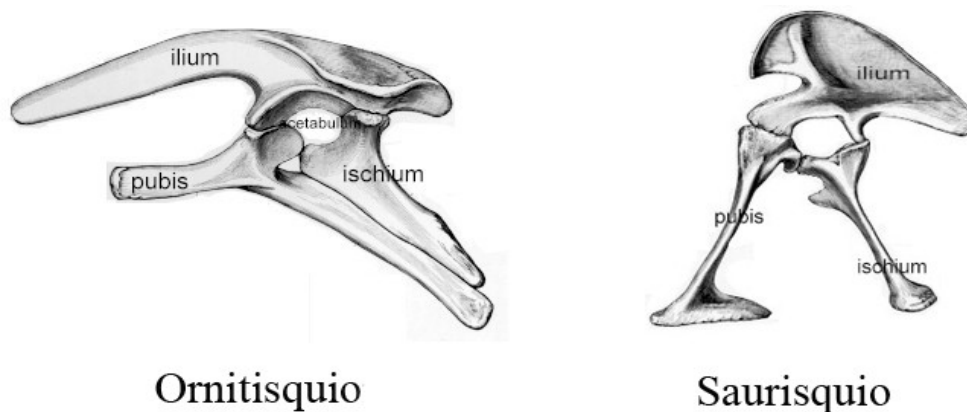


Fig.3. Imagen de los dos tipos de pelvis en dinosaurios y que son utilizados en su clasificación.

La pelvis en los peces es una estructura con predominio cartilaginoso muy pequeña, con forma de cuña, que se articula con las aletas (extremidades) y no se une a

la columna vertebral. Cada coxal puede estar unido por la zona media por la sínfisis pélvica²⁴⁴.

Como señala Orts Llorca (1984), los anfibios y gran parte de los reptiles presentan el eje del extremo proximal de las extremidades perpendicular al eje del cuerpo. El eje de las articulaciones de las extremidades (codo-rodilla-tobillo) es paralelo al eje corporal. Esto permite la marcha reptante que es poco eficaz²⁵. Con el proceso evolutivo, las articulaciones experimentan un proceso de rotación²⁴⁴. De este modo, los miembros pasan de estar en el mismo plano que el tronco a estar debajo del mismo. Así, el eje de las extremidades quedan en un plano frontal, de manera que se consigue un movimiento adelante y atrás que es más eficiente para la marcha.

Los cuadrúpedos modifican sus estructuras para adaptarse al medio terrestre, de modo que la pelvis aumenta de tamaño y se une a la columna vertebral para afianzar los miembros. En la zona o placa ventral aparecen el pubis (zona anterior) y el isquion (zona posterior). En la zona superior de la placa ventral se localiza la cavidad (acetábulo) donde se articula la cabeza femoral. Continuando la cintura pélvica, hacia proximal, aparece una estructura nueva que se une a la columna vertebral y que sirve de fijación a la musculatura, que es el ilion²⁴⁴.

La estructura básica de la cintura pélvica (ilion, isquion y pubis) aparece en todos los vertebrados a partir de los anfibios^{200,244}. Las modificaciones del ilion se deben al aumento de la musculatura y la bipedestación, de modo que se pasa de la estructura delgada y tubular de algunos anfibios²²⁴ a una estructura cada vez más ancha y gruesa en la pelvis humana.

La placa ventral de la pelvis (formada por el pubis y el isquion) se adaptó a la bipedestación de los primitivos saurisquios y modificó la cintura dejando el pubis hacia anterior y el isquion hacia posterior para equilibrar las inserciones musculares. En los

dinosaurios ornitisquios (parecidos a las aves) y en las aves, el pubis se dirige hacia atrás y queda paralelo al isquion²⁴⁴.

Otro cambio que se aprecia en la evolución de la pelvis es la aparición de una abertura ancha en la placa ventral conocida como ventana tiroidea que aparece en las lagartijas y tortugas. En los mamíferos, se transforma en el agujero obturador por el que pasan nervios²⁴⁴.

En definitiva, la evolución de la pelvis está sujeta a la adaptación a la marcha y a la mejora de la inserción muscular.

A pesar de todo, la estructura básica de las extremidades de los vertebrados presenta cierta homología, como es la presencia de cinco radios que aparece tanto en anfibios, reptiles, mamíferos y aves. También se repite el esquema de los huesos desde la pelvis hasta los extremos distales de los miembros, de modo que la pelvis es la unión de ilion, isquion y pubis, que se articula con el fémur y éste con tibia y peroné para continuar con el tarso, metatarsos y dedos²⁴⁴.

En nuestra revisión bibliográfica, hemos encontrado pocas referencias a la anatomía comparada de la cadera^{239,272}, mientras que si lo hemos encontrado sobre de la rodilla^{72,73,149,181,256}. Herzmark (1983) habla de la ley biogenética o teoría de la recapitulación que postula que el embrión humano pasa por los estadios filogenéticos de animales en la formación de los miembros de modo que en el segundo mes los miembros inferiores rotan hacia fuera igual que ocurre con los reptiles, por lo que se habla de periodo “reptiliano”. Dye (1987) señala que la rodilla mantiene unas estructuras estables en una gran gama de especies animales y que presenta esta estabilidad desde hace de más de 300 millones de años; las características persistentes son la forma bicondilar del fémur distal, la presencia de ligamentos intra-articulares, los meniscos y la asimetría de ligamentos colaterales. En el análisis de la anatomía de la

Introducción.

rodilla basado en el tipo de marcha se observa cambios en la relación entre la tróclea femoral y los cóndilos femorales, de modo que el modelo animal más parecido al humano sería uno plantígrado como es el oso. En el trabajo de Messener (1998) se señala que la rodilla de la rata no es un buen modelo de anatomía comparada con el humano dada las divergencias en su estructura.

El trabajo de Serrat (2007) nos muestra que hay dos tipos de osificación en la condro-epífisis proximal del fémur (separada o coalescente) y que no está relacionada con ningún de marcha, peso corporal o especie animal. Parece que la osificación separada aparece en los especímenes con fémures más largos, con más constricción y con cuello más definido. De tal modo que los cambios geométricos son debidos a demandas funcionales de la carga y/o a constricción filogenético, y que esto es la causa de las diferencias del patrón de osificación. Esto explica porque la osificación separada aparece en líneas de mamíferos divergentes como los homínidos y los roedores.

Debemos a Sutton (1897) uno de los pocos trabajos de anatomía comparada relacionados con la cadera. En su libro “Ligaments. Their nature and morphology” realiza un estudio sobre el ligamento redondo con objeto de conocer su función. Tras el estudio comparado llega a la conclusión que es la evolución del músculo pectíneo. Otro trabajo interesante de anatomía comparada se debe a Vialleton (1924) que realizó un estudio de las pelvis de tetrápodos. El trabajo es muy extenso pero se refiere a la pelvis en general, sin hacer referencias a la cadera y a sus componentes.

1.3. La enfermedad luxante de cadera en el humano.

“a deformity which is mysterious in its origin,
insidious in its course and relentless in its final
crippling results”.

Hey Groves. JBJS, 1949.

La cadera está sujeta a un gran número de patologías de origen traumático, tumoral, degenerativo, infeccioso, inflamatorio y congénito, que pueden aparecer en cualquier edad de la vida y que pueden tener muy variadas repercusiones.

La luxación congénita de cadera (LCC) es una de las patologías del desarrollo más importante por sus implicaciones clínicas, tanto en los primeros años de la vida y la marcha, como durante la madurez y vejez^{9,48,114,212,230,267,273}. En la actualidad el término de luxación congénita de cadera ha sido modificado y se acepta más el de displasia del desarrollo de la cadera (DDC), que fue introducido por Klisic (1989) para definir una amplia gama de condiciones patológicas que van desde una leve displasia acetabular hasta una luxación irreducible de la cadera. Lo que antes se definía como una luxación congénita de cadera, hoy sabemos que es un proceso de desarrollo y en curso que no siempre es perceptible al nacer y que puede progresar a lo largo de la vida. Las implicaciones clínicas no sólo afectarían al recién nacido sino que suponen una condición patológica que puede estar subyacente hasta la senectud. Además cada vez se ha comprobado que muchas lesiones etiquetadas de coxartrosis idiopáticas o, simplemente, dolores de cadera con lesiones anatómicas pudieran estar originadas por lesiones displásicas no diagnosticadas y tratadas.

Como hemos señalado, la displasia del desarrollo de la cadera agrupa una serie de lesiones cuya terminología más aceptada¹⁷⁷ es la siguiente:

Introducción.

- Inestabilidad: es un diagnóstico clínico que se realiza cuando el examinador mediante manipulación pasiva consigue subluxar o luxar la cadera. Así se hablaría de una cadera subluxable y una cadera luxable, respectivamente.
- Subluxación: es un diagnóstico anatómico, realizado por pruebas complementarias (radiológicas o ecográficas), en donde hay un contacto incompleto entre la cabeza femoral y el acetábulo.
- Luxación: igual que el anterior es un diagnóstico anatómico realizado por imagen en donde se ha perdido todo el contacto entre las superficies articulares de acetábulo y cabeza femoral
- Displasia acetabular: el acetábulo es poco profundo, es poco cóncavo, está aplanado y más verticalizado de lo habitual de manera que hace la cadera inestable. Se presenta aislada o junto a subluxación. En la actualidad se acepta que no es un trastorno primario, sino que ocurre de manera secundaria como resultado de la presión excéntrica de la cabeza femoral.
- Displasia o luxación del desarrollo: es un término anglosajón actual. Refleja el hecho de que caderas aparentemente normales al nacimiento, desarrollan problemas en el primer año de vida. Displasia de cadera significa alteración de la osificación del acetábulo.

Dado que el cuadro que definimos como Displasia del Desarrollo de la Cadera o de Luxación Congénita de la Cadera es un cuadro patológico del humano, se empleará el término de lesión luxante para la lesión provocada en el animal de experimentación.

1.4. Antecedentes históricos.

La luxación congénita de cadera es una patología conocida desde la antigüedad y ya Hipócrates en su “*De Articulis*” indica que es una enfermedad perinatal, que se inicia en el útero y puede ser bilateral, aunque no menciona que se realicen reducciones de la misma²⁹⁷. En el siglo XVI, Ambrosio Paré señala la dificultad para conseguir la reducción de la cabeza femoral al asociar un acetábulo plano. En el siglo XVII, Teodoro Zwinger apunta la influencia etiológica de la herencia al encontrar una paciente con tres hijos afectados, e indica la necesidad de un tratamiento precoz. En el siglo XVIII, Petrus Camper señala que existen diferencias geográficas en su presentación¹⁵³.

La primera descripción de la anatomía patológica de esta lesión se debe a G.P. Palleta que en 1783 describe los componentes anatómicos de la articulación en su obra “*Exercitationes Pathologicae*”¹⁵³.

En el siglo XIX, Dupuytren describe el primer trabajo específico sobre el tema, titulado “*Original or congenital displacement of the heads of the thigh-bones*” en donde se realiza una descripción pormenorizada de las lesiones de la cadera, se establecen las diferencias con la luxación traumática y donde se especula con que el origen de la enfermedad se debe a un desarrollo anormal de la articulación, por lo que se habla de aplasia primaria del acetábulo. También se describen las alteraciones vertebrales asociadas, la marcha peculiar y el telescopaje de la articulación; por contra, su aportación al tratamiento es mínima^{153,217}.

A finales del siglo XIX, Roser defiende el tratamiento mediante la abducción de los miembros inferiores, pero es relegado por la aparición de tratamientos más cruentos y por las manipulaciones. En este grupo destacan Humbert, Jacquier y Pravaz; éste último tuvo muchos éxitos con técnicas de tracción prolongada pero es criticado y

Introducción.

puesto en duda²¹². Entre los iniciadores de tratamientos quirúrgicos se señala a Guerin que introduce técnicas en el techo del acetábulo¹⁵³.

Un gran paso en el manejo actual de esta enfermedad se debe a Agostino Paci que a las puertas del siglo XX renueva las técnicas de reducción de Pravaz, y gracias a la realización de una autopsia de un paciente tratado se comprueba que la reducción ha sido efectiva^{212,297}. Con posterioridad, Lorenz y Calot popularizan los métodos de reducción, asociándolos a la tenotomía de aductores²¹².

El descubrimiento de los rayos X en 1895 supuso un gran hito en el diagnóstico y en el tratamiento porque permite confirmar la luxación y la reducción, empezando a emplearse los signos radiográficos como la rotura de la simetría de la línea de Shenton descrita en 1911^{153,297}.

En el siglo XX, empiezan a aparecer distintas técnicas quirúrgicas, aunque los primeros pasos se dieran en el siglo anterior de la mano de Pravaz, Gant, Poggi, Hoffa o el mismo Lorenz^{153,297}. Poco a poco se establecen las pautas del tratamiento, y así Putti consigue éxito con la manipulación en un 95% de los casos, requiriendo cirugía sólo un 5%. Fairbank, en 1922, señala que la cirugía es más aconsejable entre los 3 a 6 años. Campbell, en 1939, vuelve a describir las alteraciones patológicas de la enfermedad¹⁵³.

En esta última centuria, se han descrito gran número de técnicas quirúrgicas y no es el objeto de este trabajo describirlas, pero tampoco podemos dejar de mencionar a los cirujanos, Salter^{228,229} y Chiari⁵⁸, que han supuesto un gran avance al tratamiento quirúrgico de esta enfermedad. De igual modo, no podemos olvidar referirnos a Vittorio Putti, que estableció la necesidad de la detección precoz en el recién nacido, así como a Ortolani, Von Rosen y Barlow²⁶ que desarrollaron programas de diagnóstico precoz, así como describieron signos clínicos que han contribuido a la detección de esta enfermedad¹⁵³ e insistieron en el tratamiento precoz²⁹⁷.

1.5. Modelos experimentales de enfermedad luxante de cadera.

Los principales animales empleados en el estudio de la enfermedad luxante de la cadera son el conejo^{16,37,44,98,105,145,148,171,183,192,198,213,231,245,250,252,295,296} y la rata^{4,5,6,64,65,66,99,100,248,302,303}, aunque también se ha utilizado el perro^{2,7,46,47,85,86,92,124,138,164,165,166,196,219,221,235,251}, cerdo²⁹⁴, cordero¹⁸⁷ y el pollo⁶⁰. Los objetivos de los modelos empleados van desde el estudio de la etiología hasta el análisis de tratamientos. Todos los modelos experimentales tienden a conseguir poder extrapolar los resultados obtenidos. Es evidente, que la anatomía y fisiología de cualquier animal dista de ser parecida a la humana, aunque en el árbol filogenético este considerado como cuadrúpedo³⁰³, por lo que los hallazgos en animales de experimentación deben ser valorados con las limitaciones inherentes a la escala filogenética. A pesar de esto, el animal de experimentación es un recurso inestimable para ayudar a la aproximación de los problemas de la patología humana, por que la búsqueda del modelo más semejante a la anatomía es importante para la extrapolación de resultados, sobre todo teniendo en cuenta que el esquema básico de las extremidades de los vertebrados es muy similar salvo las modificaciones debidas a los cambios de la marcha.

El conejo es un animal muy empleado en estudios de la patología de la cadera, sus ventajas residen en que es un animal común en experimentación y con un tamaño aceptable para su manejo y estudio. Pero se ha señalado que difiere en la congruencia entre la superficie de la cabeza femoral y el acetábulo⁴⁴.

La rata es un modelo que ofrece como ventajas su facilidad de mantenimiento y su disponibilidad. Hay trabajos que encuentran similitudes anatómicas^{23,110} y del desarrollo^{249,250} entre la cadera de la rata y la del humano, pero también se han señalado diferencias entre ambos modelos⁹⁸.

Introducción.

El perro ha sido empleado en algunos estudios porque en este animal aparece la displasia como enfermedad muy frecuente. Además se han encontrado similitudes anatómicas con el humano¹⁸⁹, frente a bovinos o babuinos¹⁸. Esta enfermedad en el perro aparece sobre todo en animales de gran tamaño y de ciertas razas, lo cual apunta a la participación de la genética dentro de las causas de esta patología. También se ha implicado en la patodinamia alteraciones de la musculatura^{7,164,166,219,221,235}, de fenómenos mecánicos que retrasan la osificación^{85,86} y de laxitud articular^{92,166,219}. Gran parte de los trabajos publicados van dirigidos a explicar la etiología^{92,221}, patodinamia^{85,86,138,235}, diagnóstico¹⁹⁶ y tratamiento^{69,219} de esta enfermedad más que a su extrapolación a la enfermedad humana. A pesar de esto sigue habiendo muchas incógnitas en esta enfermedad animal.

El pollo ha sido empleado en pocos estudios⁶⁰ pero se conocen diferencias importantes en el desarrollo de las aves respecto de los mamíferos como son que los huesos largos de las aves no tiene un centro de osificación primario endocondral¹⁹³.

1.6. Teorías etio-patogénicas de la enfermedad luxante de cadera.

La etiología es comúnmente aceptada como multifactorial. Entre las causas más comunes destacan las siguientes:

- Factores genéticos. Es conocido como algunas familias tienen más incidencia de la displasia del desarrollo^{120,201,300}, así como su mayor aparición en el sexo femenino. Se conoce que los antecedentes familiares son positivos en el 3% de los casos. Una de las causas atribuidas a la aparición dentro de familias podría deberse a la herencia de la laxitud ligamentosa familiar²⁹⁹.
- Factores hormonales, conocemos por la experimentación animal que tanto la progesterona como los estrógenos participan en la producción de luxación congénita de cadera^{10,66,270,303}, y que parece estar relacionado con la aparición más predominante en el sexo femenino (80%)^{41,300}.
- Laxitud ligamentosa, que parece que se asocia a la laxitud ligamentosa familiar y podría explicar algunos casos en el sexo masculino. De forma paradójica, no se asocia con enfermedades del colágeno^{177,299}.
- Factores mecánicos. La posición intrauterina^{201,241,264,301} está directamente relacionada con los episodios de displasia del desarrollo, así como con otras deformidades posturales^{70,71,301} como son las deformidades faciales, asimetría de mandíbula, contractura del esternocleidomastoideo²⁸⁰, escoliosis postural, talipes calcaneovalgus o pie zambo y que suelen corregirse tras el nacimiento¹⁰². En este sentido, la posición de nalgas con extensión de rodillas es reconocida como una postura “luxante”, seguido de la posición de nalgas incompleta y de nalgas completa. Sabemos que la incidencia de la posición de nalgas es del 5%, pero en los niños con displasia del desarrollo sube al 32%. Barlow (1962) señala que la presentación de nalgas aparece en un 4,4% de los

nacidos sanos y se eleva al 17,3% en los niños con problemas en la cadera. Por el contrario, los niños nacidos de cesárea presentan menores índices de enfermedad que los nacidos vía vaginal¹⁶². La cadera izquierda suele situarse en la zona posterior del útero, y está más sujeta al efecto mecánico sobre la columna por lo que se explica que se afecte más que el lado derecho^{278,282}.

- Factores posturales. La postura en la que se colocan los recién nacidos también está relacionada con la mayor o menor incidencia de la displasia del desarrollo. De este modo sabemos que las culturas que llevan a los niños con las piernas separadas, como ocurre con la raza negra o china^{226,291}, son menos propensas a esta patología frente a la mayor incidencia en las culturas que colocan a los recién nacidos con las piernas juntas y en extensión como ocurre en las comunidades de indios navajos americanos o en lapones^{177,229,281}. También se ha descrito esta patología asociada a un grupo de deformidades posturales debidas a la posición dentro del útero que constituyen el síndrome del niño moldeado que tiene una evolución benigna y que asocian alteraciones como plagiocefalia, deformidades de las orejas, torticolis y escoliosis^{102,280}.
- Enfermedades neuromusculares, como la artrogriposis o el mielomeningocele⁶⁰.

A estos factores hay que añadir que ser primogénito duplica el riesgo de aparición y que el 80% de los casos son mujeres^{41,300}.

Como hemos indicado, la etiología es variable y por lo tanto su incidencia. En términos generales, se habla de una incidencia de un caso cada 1000 recién nacidos para los casos de luxación de la cadera, mientras que si hablamos sólo de displasia o subluxación la cifra asciende hasta diez casos cada 1000 recién nacidos^{56,201,300}.

Introducción.

Esta exposición de etiologías no debe hacernos pensar en que éstas participan de manera aislada alterando un factor del desarrollo de la cadera, sino, como señala Badley (1949), en el desarrollo de la cadera se ponen de manifiesto un equilibrio entre factores intrínsecos (más importante en las fases precoces) y extrínsecos (más influyentes en las fases tardías del desarrollo) que pueden ser alterados por uno o varios de estas causas e iniciar un proceso patodinámico.

Este listado de causas pone de manifiesto dos hechos, por una parte que varias etiologías pueden asociarse en el mismo caso y, por otra, que hay otras que no se conocen con exactitud y pueden aparecer solas o combinadas en la aparición del problema.

Se conoce que en el proceso de diferenciación del cartílago y el hueso participan como factores de transcripción el Sox9, el Runx2 y otros, el primero favorece la transformación de células progenitoras esqueléticas en cartílago y en segundo lo hace hacia la formación de hueso³. El factor Sox9 es predominante sobre el Runx2 y lo bloquea para poder actuar³⁰⁶. Se han descrito mutaciones del transcriptor Sox9 en pacientes con displasia de cadera asociada a cuadros sindrómicos como la displasia campomiélica^{24,33}.

1.7. Patodinamia de la enfermedad luxante de cadera.

Sabemos que el crecimiento óseo y articular está relacionado con la postura y con el equilibrio de las partes blandas¹²; para Archer (2003) el conjunto de los diferentes tejidos que componen una articulación (cartílago, hueso, ligamentos, sinovial y cápsula) la constituyen en un órgano, que está sujeto a que la alteración de un tejido afecte al resto. El desequilibrio en la cadera es lo que inicia el proceso patológico que conduce a la pérdida de relación entre la cabeza femoral y el acetábulo^{111,284,285}.

Este proceso patológico, que afecta de manera variable al acetábulo y a la epífisis proximal del fémur, es el resultado de múltiples causas que conducen a cambios macro y microscópicos durante el período intrauterino, perinatal (sobre todo durante o después de nacer), infancia, y el periodo del desarrollo infantil.

Los cambios patológicos incluyen varias situaciones como son laxitud ligamentosa, contracturas musculares, deformidad cefálica, anteversión femoral (y valgo), subluxación, completa luxación, displasia acetabular y un falso acetábulo^{88,167,218,240,243}. Los distintos factores etiológicos, actuando de manera aislada o combinada, y la duración de estos factores será lo que condicione el alcance y la progresión de las lesiones²¹³. Del mismo modo, la correcta elección del tratamiento, su duración y su efecto en la capacidad de reversión de la patodinamia será lo que condicione el resultado final^{97,213,229}.

La interacción entre la cabeza y el acetábulo es un factor esencial en el desarrollo normal de la articulación^{111,284,285}. Si se altera la tensión e interacción normal se altera el estímulo apropiado para el crecimiento condral, que puede disminuirse o negativizarse. De esta manera se explicarían alteraciones como el aumento de la

anteversión femoral, acortamiento del cuello femoral y aumento del ángulo cérvico-diafisario²⁴¹.

La cabeza femoral forma parte de la condro-epífisis proximal femoral. Su desarrollo está relacionado¹¹¹ y condicionado con el acetábulo y requiere congruencia entre ambas para conseguir su forma esférica normal¹¹³. Se sabe que una deformidad inducida en la cabeza femoral contra el acetábulo puede alterarlo en sólo tres horas, asociando gran laxitud capsular y sin capacidad de recuperación¹¹⁹.

Cuando la articulación está subluxada o luxada, se pierde la congruencia entre superficies y la presión patológica deformará la cabeza femoral¹⁶⁹. En los primeros meses de vida, la cabeza femoral es una estructura cartilaginosa y con una gran capacidad plástica que favorece la deformación siempre que no se elimine el factor etiológico que la ha producido. El proceso patológico en la cabeza femoral también afecta al centro de osificación, retrasando su desarrollo, con asimetría en la osificación. La osificación iliaca suele empezar a la octava o novena semana de vida y con rapidez se extiende a través del cartílago como el centro primario. La aparente inclinación de este centro primario de osificación indica sólo el grado al cual la región del techo se ha osificado y no representa necesariamente la forma verdadera del acetábulo cartilaginoso, que puede ser normal o anormal⁹⁴.

Dada las características anatómicas de la cadera con gran predominio del cartílago sobre el hueso, la principal atención para valorar estas patologías ha sido hacia el techo lateral óseo y a la pendiente o inclinación acetabular. Esta región lateral es semejante a una metáfisis y, como tal, es capaz de una remodelación extensa en respuesta a una tensión normal o patológica. El área está compuesta de hueso trabecular y normalmente no hay una placa subcondral densa. Si una presión anormal está aplicada en esta región, el desarrollo cartilaginoso puede continuar, aunque con ritmo

Introducción.

disminuido, y el estímulo apropiado para la osificación endocondral estará impedido²⁴². Esto es más evidente en la artrografía de cadera, las cuales dibujan un segmento grande de cartílago radioluciente entre la superficie articular y los elementos óseos radiopacos. Cuando el tratamiento de la displasia congénita es adecuado, este margen lateral se rellena con rapidez y forma una apariencia radiológica más aceptable¹⁹⁷. En los modelos animales, la capacidad de recuperación histológica y radiológica de la lesión está relacionada con la precocidad de la reducción de la cadera^{213,229}.

El labrum acetabular es muy flexible y puede ser deformada su estructura por una presión excesiva desde la cabeza femoral, produciendo la eversión o inversión de esta estructura. Se ha descrito que la lesión del labrum puede ser una causa iniciadora de la enfermedad luxante^{192,210} y aunque hay trabajos experimentales que indican que su lesión podría alterar la articulación en desarrollo¹²⁹. Así, se señala que la pérdida del labrum está asociada a un aumento del 93% de las cargas intra-articulares⁸³ y su resección asocia la aparición de coxartrosis^{138,223} aunque hay autores que le restan papel patogénico^{144,187}. Lo que se ha observado, es que si se invierte y asocia la subsiguiente hipertrofia celular patológica, representará un impedimento a la reducción del fémur proximal dentro del acetábulo y con frecuencia es definido como limbus²⁵⁸. Este término ha sido muy debatido y tiene varias definiciones, así el limbus es considerado como: a) estructura cartilaginosa circular, que aumenta la profundidad acetabular y está separado de la cápsula por un surco que le circunda^{21,68,70,71,121,179,253,254,259,264}, b) entidad sin relación con el labrum²³⁴, c) inexistente^{140,209}, d) formado por un pliegue capsular al interponerse entre cabeza y labrum²³⁴ y e) hipertrofia patológica del labrum^{184,267,297}.

Otro término discutido empleado en la literatura es el neolimbus, que es un relieve de cartílago articular hipertrófico secundario a la presión excéntrica de la cabeza

femoral²⁰⁹. En la literatura anglosajona lo denominan *ridge*^{209,259,283}. Se localiza entre ilion e isquion marcando el margen entre el acetábulo verdadero y el secundario. Puede aparecer bajo el limbus invertido o el labrum plegado^{70,71,238}.

La cápsula articular se une al periostio y crea un receso o fondo de saco sobre el labrum, de modo que éste es una estructura intracapsular. Si la cápsula está adelgazada y alargada, lo cual permite que la cadera se luxa, el fémur proximal puede salir más allá de los límites del margen del acetábulo y ejercer una presión extrínseca sobre el labrum, permaneciendo, sin embargo, intracapsular. Para muchos autores, la laxitud capsular es el primer hecho patológico que inicia la patodinamia^{179,183,282,288}, incluso hay quien relaciona el grado de laxitud con el grado de afectación articular¹⁶⁸. En el estudio histológico, supone la inversión de la relación de tipos de fibras de colágeno, de modo que predomina el tipo III sobre el tipo I, lo cual ocurre al revés en la cadera normal¹⁹⁴.

La cabeza femoral se mantiene en sus relaciones con el acetábulo, en cierto modo, por efecto de succión²³², pero el ligamento redondo juega un papel en mantener la cadera estable en ciertas posiciones²⁵⁹. Hay autores^{60,282} que defienden que el ligamento redondo restringe el movimiento cefálico hacia la zona posterosuperior por lo que es más fácil la tendencia inicial hacia la zona anterior. Con frecuencia sigue el contorno de la cabeza, pero en esta enfermedad puede alargarse e hipertrofiarse²⁸² y servir como impedimento para la reducción normal.

La enfermedad luxante se puede dividir en dos categorías distintas: subluxación y luxación^{49,243}. De acuerdo con este criterio, el labrum está desplazado en la zona superior (evertido) contra el ilion en la subluxación, mientras que el labrum está invertido (limbus) dentro de la cavidad acetabular en la luxación. En este sentido, el limbus se referiría al margen acetabular invertido hipertrófico y patológico en la luxación completa. El reborde acetabular fibrocartilaginoso es grueso y distinto del

cartílago hialino del acetábulo, y este tejido marginal es fácil y progresivamente deformado por aplicación de presión, ya sea aguda o crónica.

Dunn (1976) realizó un detallado estudio de caderas neonatales e ideó un esquema de clasificación basado en la forma del margen del acetábulo, eversion o inversión del limbus, y contorno grueso de la cabeza femoral. Los tres tipos representan inestabilidad posicional o subluxabilidad (tipo 1), subluxación (tipo 2) y luxación (tipo 3).

La clasificación puede ser basada en dos criterios: causas fisiológicas primarias y cambios morfológicos secundarios. Desde un punto de vista etiológico, la displasia congénita de cadera puede ser clasificada como teratológica e idiopática^{74,241,254}. La primera, se trata una entidad clínica con etiología conocida (con frecuencia de naturaleza neurológica), mientras que la segunda, es de causa desconocida. La cadera teratológica con frecuencia está subluxada o completamente luxada al nacimiento, y esto puede empeorar durante el periodo postnatal debido a presiones anormales continuas, sobre todo si la deformidad es consecuencia de desórdenes neurológicos. La cadera puede luxarse por vía anterior y el acetábulo se llena de tejido graso¹⁸⁴.

Durante el periodo de continuidad, la cadera típica de la displasia del desarrollo no tratada puede progresar desde la subluxación a la completa luxación, desarrollando muchos de los cambios secundarios importantes atribuidos a la luxación teratológica.

Para entender los últimos cambios que afectan a la cadera, Dunn (1976) introdujo el concepto de deformación congénita, la cual puede ser definida como la deformación progresiva de una unidad estructural inicialmente formada con normalidad durante el subsecuente periodo fetal, más que durante el periodo embrionario. Las mayorías de las deformidades aparecen después del periodo de diferenciación embrionaria implicando al sistema musculoesquelético y parece ser influenciado por

Introducción.

factores intrauterinos, sobre todo esos que producen estrés mecánico anormal en los componentes del sistema musculoesquelético. Esa deformación gradual puede ocurrir postnatalmente, especialmente durante el periodo neonatal, cuando factores mecánicos extrínsecos e intrínsecos pueden de nuevo actuar adversamente en la cadera tanto si es normal como si ha quedado susceptible a la inestabilidad por las condiciones intrauterinas prevalentes.

Dunn (1976) estableció que esas fuerzas mecánicas leves, si se aplicaban de forma persistente, pueden conducir a una deformidad gradual, así como progresiva y cuya deformación ocurre mucho más fácilmente en periodos de crecimiento excesivamente rápido. El feto así es sobre todo susceptible a la deformación debido al rápido índice de crecimiento y la relativa plasticidad del esqueleto condro-óseo¹¹⁹. Las fuerzas deformantes prenatales pueden ser intrínsecas (posición de los componentes esqueléticos, balance muscular) o extrínsecas (tono muscular intrauterino, cantidad de líquido amniótico, presencia de mas de un feto). Las fuerzas extrínsecas son más prevalentes durante el último trimestre debido al incremento del tamaño fetal y a la relativa disminución del volumen del fluido amniótico. Cuando el feto crece, se expone cada vez más a presiones desde la musculatura materna, la columna vertebral materna, y la pared abdominal materna. Durante este periodo de crecimiento el sistema esquelético gradualmente se hace menos plástico y más capaz de resistir deformación. Sin embargo, la cápsula puede ser una excepción, siendo alterada por cambios hormonales maternos en el último trimestre. El feto está desarrollando actividad neuromuscular, que le permite golpear con el pie, cambiar de posición, y alterando las líneas a lo largo de la cuales podrían actuar fuerzas deformantes.

La enfermedad congénita de cadera es mucho más común en la primera infancia. Uno de los factores predisponentes importantes parece ser una musculatura abdominal y

Introducción.

uterina tensa, la cual tiende a incrementar la tensión compresiva en el saco amniótico y en el feto. Con cada consecuente embarazo se pierde algo del tono muscular, de modo que disminuye algo de las fuerzas deformantes extrínsecas, por lo que los primogénitos tienen más probabilidades de estar afectados⁴¹.

La presentación podálica tiene una elevada asociación con la enfermedad congénita de cadera²⁶. Esta posición particular parece predisponer la cadera por dos factores biomecánicos mayores. Primero, la pelvis fetal está presionada por la pelvis materna, forzando al feto a un grado extremo de flexión de la cadera, lo cual descubre una porción significativa de la cabeza femoral y provoca una distensión capsular posterior. En muchos casos las rodillas están extendidas o incluso hiperextendidas. Esto incrementa la fuerza intramuscular en los isquiotibiales y puede ser un factor mecánico muy importante^{105,302,303}. En experimentación animal, se ha visto que la subluxación y luxación de la cadera puede ser producida en el conejo sólo cogiendo un animal neonatal y colocando la cadera flexionada y dejando la rodilla en una extensión permanente²⁹⁶. Segundo, la posición podálica hace que el feto no pueda cambiar de posición en el útero, de modo que es incapaz de mover o sacar la cadera de una posición muy susceptible, lo cual favorece e incrementa la permanencia de las fuerzas deformantes en el reborde acetabular plástico.

El volumen del líquido amniótico parece jugar un papel entre los múltiples factores contribuyentes a la etiología de la displasia del desarrollo. Dunn (1976) demostró una correlación con frecuencia positiva entre el oligohidramnios y varios tipos de deformaciones congénitas. De 11 fetos con oligohidramnios, la displasia de desarrollo aparecía en 6. El oligohidramnios se asocia con frecuencia con alteraciones del tracto urinario que afecta al feto, como sucede en el síndrome de Potter; estos niños tienen un alto grado de displasia del desarrollo como parte de este síndrome. En

contraste, fetos con deformidades congénitas (intrauterinas, posturales) nunca tienen asociado polihidramnios. Además, cuando hay una rotura prematura de las membranas amnióticas por prolongación del trabajo, el feto suele presentar deformidades estructurales externas corregibles con facilidad. El fluido amniótico disipa algunas de las fuerzas mecánicas de la musculatura uterina durante el primer y segundo trimestres, cuando el sistema músculo-esquelético es muy plástico. Una disminución de la cantidad de líquido amniótico durante este periodo particular puede incrementar la susceptibilidad del feto a las fuerzas deformantes y conducir a cambios estructurales, sobre todo durante las etapas fetales precoces, como se muestra en los casos de fetos de entre 22 a 24 semanas de gestación con riñones poliquísticos.

La deformación acetabular, la cual probablemente representa el primer cambio morfológico significativo, puede ocurrir en una etapa fetal muy precoz. Laurenson (1964) presentó un feto de 26 semanas con una artrogriposis congénita múltiple, que presentaba luxación bilateral con formación de un falso acetábulo e inicio de inversión del labrum. Se observó que el desarrollo de las porciones óseas del ilion estaba bastante indemne, a pesar de los importantes cambios de tejidos blandos en el acetábulo. El aplanamiento del techo acetabular suele ocurrir en el desarrollo fetal precoz⁷⁴. La radiografía no siempre muestra cambios óseos, incluso en aquellos con cambios obvios cartilaginosos acetabulares. La presencia de un índice acetabular normal no debería significar una cadera normal, sobre todo si los hallazgos clínicos son sugestivos de enfermedad.

Estos hallazgos de hipertrofia precoz de los márgenes hialino/fibrocartílago del labrum, a pesar de la obvia eversión marginal del volumen de esta estructura, pueden apoyar el concepto de que el limbus hipertrofiado puede aparecer por una remodelación progresiva continuada más que por una inversión repentina.

Introducción.

Un factor adicional que parece jugar un papel en la susceptibilidad de la displasia del desarrollo es una alteración hormonal presente en el último trimestre²⁷⁰. Ciertos tejidos fetales, como es la cápsula de la cadera, pueden estar afectados sobre todo por hormonas maternas, especialmente aquellas relacionadas con la relajación pélvica materna. Los estrógenos bloquean la maduración del tropocolágeno sintetizado de nuevo dentro de colágeno por afectación del entrecruzamiento. Si el fémur proximal está casi empezando a distender la cápsula articular por la posición intrauterina, los cambios hormonales que afectan al colágeno capsular puede contribuir al aumento de la de distensión^{66,270,302,303}. El fibrocartilago del labrum puede ser afectado, la afectarse su colágeno, haciendo al tejido más susceptible a la deformación. Smith et al. (1973) sugirieron que la tendencia familiar a la displasia del desarrollo puede ser el resultado de un error innato en el metabolismo de los estrógenos.

El tiempo de máxima susceptibilidad a la subluxación y luxación parece ser el periodo perinatal. Ralis y McKibbin (1973) han mostrado que la profundidad del acetábulo y la cobertura total de la cabeza femoral disminuyen gradualmente al mínimo cerca de llegar a término el embarazo. La cabeza femoral tiene un efecto modelador del contorno del acetábulo y puede cambiar la forma debido a la posición intrauterina, de tal modo que se acentúa el proceso normal de disminución de la profundidad acetabular^{285,292}. Estos fenómenos parecen ser excéntricos como muestra la tendencia del acetábulo a la forma elíptica en vez de circular.

Los hallazgos de Badgley (1943) señalan que la anteversión está incrementada en los pacientes con displasia, la cabeza femoral se localiza al inicio en la zona anterior y la hipoplasia acetabular se debería a un enlentecimiento o paro del crecimiento por problemas mecánicos. De esta manera, la hipoplasia de la zona postero-superior del acetábulo se debería a la presión de un cuello femoral rotado por el incremento de la

anteversión femoral. En este trabajo se cita a Le Damany que relaciona el plano del acetábulo y del cuello femoral, de modo que hasta los 60° hay estabilidad y si se incrementa por uno o los dos componentes se ponen en peligro la congruencia articular. Ahora bien, el propio Badgley (1943,1949) establece que la teoría mecánica no explica todos los casos, sobre todo si tenemos en cuenta la evidencia de la asociación con factores hereditarios, incidencia influida por el sexo, raza o geografía; por lo que, como señalábamos antes al hablar de la etiopatogenia, hay una relación entre factores intrínsecos y extrínsecos.

Como hemos señalado hasta ahora, la mayoría de la información de esta patología se centra en las alteraciones del techo acetabular (“*roof*” en terminología anglosajona), debido a que es la zona que primero mostraba alteraciones en la radiografía y porque la cabeza tendía a salirse por la zona supero-externa^{74,195,254}. El suelo ha sido poco o nada valorado en la literatura consultada. De hecho las pocas referencias que hablan del suelo^{202,236,240,246,247} (“*floor*” en la literatura anglosajona) se refieren al fondo acetabular y no a la zona real que estaría constituida por la superficie articular del isquion, el ligamento redondo y el ligamento transversal^{4,5,6}. Una de las limitaciones de su estudio parte de la dificultad para establecer sus límites²⁰². Por lo tanto, desconocemos el comportamiento del suelo en la patodinamia de la displasia del desarrollo.

Un problema interesante es la afectación de la cadera contralateral en caso de displasia, para algunos autores las llamadas caderas sanas podrían ser susceptibles de alteraciones poco evidentes.

Un problema asociado a esta enfermedad es su asociación con la osteoartritis de cadera. Hay estudios que asocian estas dos entidades^{11,85,86,109,120,130,131,132,206,207}. Parece que muchos casos de coxartrosis considerados como primarios (idiopáticos) son en realidad

Introducción.

procesos degenerativos que tiene como inicio una displasia no evolucionada que ha alterado la articulación pero que da la cara en la madurez como enfermedad degenerativa. En este sentido, se ha señalado la combinación del efecto de la presión hidrostática y las fuerzas de cizallamiento (conocido como índice osteogénico³⁰) como un factor regulador del espesor del cartílago en el desarrollo y como responsable de la degeneración del cartílago y la osteoartrosis^{30,83,172,206,207,268}. Otro factor implicado en la aparición de coxartrosis es la presencia de lesiones del labrum^{83,129-132,175,203,223}, es decir la enfermedad luxante podría explicar las lesiones labrales y éstas serían las génesis de la enfermedad degenerativa de la cadera. Por eso, la degeneración aparece más en la zona antero-lateral acetabular^{36,141,175,204,223,237,285,298}, que es la zona donde más se lesiona el labrum, ya que es donde hay más presión articular^{128-132,175-178,203}. El origen de la lesión del labrum se debe a la ausencia de cobertura anterior de la cadera que impediría actuar al labrum en disipar las fuerza torsionales y de cizallamiento a las que está sujeto^{176,203}.

En la actualidad la artroscopia de cadera ha abierto un camino para el diagnóstico y tratamiento de las lesiones residuales de la cadera en la paciente que han tenido displasia del desarrollo que no han progresado¹⁷⁸.

No hay que olvidar que se ha asociado un aumento de la coxartrosis en familias que tiene mayor prevalencia de casos con displasia congénita de cadera¹²⁰.

Otro problema a largo plazo es la artrosis secundaria a displasia no resuelta, que produce una avanzada alteración de la articulación^{13,15,262}, con estrechamiento de la zona metafiso-diafisaria del fémur y aumento de la anteversión femoral (sugano), además en los casos menos avanzados (grado I y II de Crowe) el ángulo cérico-diafisario aumenta, mientras que en los casos más avanzados (grado III y IV de Crowe) el ángulo disminuye. Se ha descrito la presencia de retroversión acetabular en 1 de 6 o 1 de 3

Introducción.

casos de displasia^{157,170}. Todas estas alteraciones nos indican la complejidad del tratamiento protésico en una articulación tan alterada¹³⁹.

La aparición de la degeneración articular en la cadera ha sido estudiada¹⁷ y se ha localizado en la zona inferior y bajo la fôvea en la cabeza femoral y en la zona triangular superior del acetábulo. Es interesante señalar que la zona superior de la cabeza femoral no tiene lesiones a pesar de ser una zona de carga. Se ha señalado también la aparición de casos de coxartrosis que sólo afectan a la zona inferior y que pudieran estar relacionados con casos de displasia residual lo cual apuntaría a una alteración del cartílago más que a una afectación por ser zona de carga.

Como señalaba H Groves (1949), la displasia del desarrollo de la cadera sigue presentando muchas incógnitas en su etiopatogenia, diagnóstico, patodinamia, tratamiento y evolución.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2.1. Hipótesis.

La hipótesis la planteamos tras establecer estos asertos:

1. El estudio de la lesión luxante de la cadera se ha centrado en la parte superior o techo de la articulación coxofemoral que es donde más se han descrito alteraciones radiológicas y anatómicas.
2. Los modelos anatómicos se han desarrollado en diversos tipos de animales.
3. La anatomía de la cadera de los distintos animales puede ser muy variada y no han sido claramente establecidas las diferencias o similitudes entre sí, ni con la cadera humana.
4. Sin embargo, los estudios no han analizado la participación del suelo en la patodinamia de la lesión luxante de cadera.

A la luz de los asertos antes señalados, nos planteamos las siguientes preguntas:

1. ¿Qué diferencias presenta el suelo del acetábulo de diferentes animales?
2. ¿Cuáles son las lesiones precoces en el proceso de la lesión luxante de la cadera?
3. ¿Qué papel juega el suelo del acetábulo en la patodinamia de la lesión luxante de cadera en un modelo experimental?

2.2. Objetivos.

Para responder a las hipótesis planteadas, se proponen los siguientes objetivos:

1. Estudio anatómico, radiológico e histológico comparado de la articulación coxofemoral de varias especies animales.
2. Determinar la patodinamia inicial de la lesión luxante de la cadera en un modelo experimental de rata.

Estos objetivos nos han llevado a proponer un estudio de la morfología de la articulación coxofemoral, con especial interés en su zona inferior, tanto en especímenes aislados de varias especies animales, así como en un modelo experimental de luxación congénita de cadera en animal.

3. PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO.

Planteamiento del trabajo

Para el estudio de los objetivos propuestos en el presente trabajo se ha realizado el siguiente diseño o planteamiento del trabajo:

1. El estudio se ha precedido de una revisión bibliográfica tanto de los aspectos anatómicos como de los distintos aspectos de la cadera luxada durante el desarrollo, en los aspectos experimentales y de patodinamia conocida hasta la actualidad.
2. Estudio anatómico del acetábulo en distintas especies animales, tratando de definir en los hallazgos de la disección los distintos elementos constitutivos del acetábulo, así como su forma. En este apartado, se ha definido unos parámetros cualitativos en cuanto la presencia o ausencia de los elementos anatómicos y unos parámetros cuantitativos referidos a estos mismos.
3. Estudio experimental. Se ha usado rata Sprage-Dawley hembra, de 15 días de edad inicial. Como modelo experimental se ha empleado la técnica de Sijbrandij (1965) y de Michaelson (1972). Se han establecido tres tiempos de estudio: 4 días, 1 semana, 2 semanas; finalmente se ha establecido un cuarto grupo, Miscelánea, en el que han agrupado animales con tiempos prolongados de ensayo (3 meses, 6 meses, 1 año). En todos los casos se han estudiado ambas caderas.
4. En el grupo ensayo se ha establecido criterios de inclusión y exclusión.

Evaluación externa de los casos experimentales.

5. Estudio radiológico de la pelvis y definición de parámetros cualitativos y cuantitativos: lineales, angulares, índices.
6. Estudio macroscópico. Disección de la articulación coxo-femoral, estudio macroscópico. Se han establecido parámetros cualitativos y parámetros cuantitativos (lineales, angulares e índices).
7. Estudios histológicos. En el grupo ensayo y en los especímenes de animales con un número de casos suficiente se ha aislado la articulación de la cadera, se ha tallado para cortes seriados en los tres planos del espacio. Se han establecido parámetros

Planteamiento del trabajo

cualitativos y cuantitativos.

8. Se han aplicado técnicas digitales de recogida y procesamiento de imágenes, así como para la toma de parámetros cuantitativos.
9. Valoración de los resultados. En los parámetros oportunos se han aplicado técnicas de estudio estadístico.
10. Finalmente se discuten los resultados y se extraen conclusiones acordes a la hipótesis planteada.
11. El trabajo incluye el aporte iconográfico del mismo y de bibliografía.

4. MATERIAL Y MÉTODOS.

4.1. Material.

4.1.1. Estudios preliminares.

En los estudios preliminares de este trabajo se han usado ratas Sprague-Dawley (ratas S-D) desde la edad de un día hasta los tres meses de edad, divididas en: un grupo de animales se ha utilizado para estudiar la morfología macroscópica y estudios histológicos de la cadera de la rata y, un segundo grupo de animales se ha utilizado para establecer el modelo experimental de estudio, tanto el procedimiento inicial para producir la luxación, como para las técnicas de disección anatómica tras el ensayo y técnicas radiográficas.

El número de animales usados en el estudio preliminar ha sido de veinte ratas.

Todos los animales usados en este estudio fueron tratados siguiendo las directrices europeas indicadas en la Directiva del Consejo del 24 de noviembre de 1986 respecto a la protección de los animales utilizados para la experimentación y otros fines científicos (86/609/CEE) D.O.C.E. 18.12.86 (Nº L358/1 a Nº L358/28) y las establecidas en la legislación española en el Real Decreto 1201/2005, de 10 de octubre, sobre protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos (B.O.E. nº 252, 21 de octubre de 2005, pag. 34367-34391).

4.1.2. Especímenes usados en el estudio comparativo morfológico, macroscópico e histológico de animales.

Para los estudios comparativos de la cadera se han empleado los siguientes animales.

TABLA A. Especímenes empleados en el estudio de anatomía comparada.

ANIMALES ESTUDIADOS	Especímenes	Especímenes
	Jóvenes	Adultos
Rata (<i>Rattus norvegicus</i>)	20	15
Conejo (<i>Oryctolagus cuniculus</i>)	3 (fetos)	2
Gato (<i>Felis catus</i>)	1	0
Primate: Mono (<i>Macacus Rhesus</i>)	0	1
Primate: Titi (<i>Callithrix jacchus</i>)	2	2
Pollo (<i>Gallus gallus</i>)	2	4
Codorniz (<i>Coturnix coturnix</i>)	0	4
Caballo (<i>Equus caballus</i>)	0	1
Oveja (<i>Ovis aries</i>)	0	1
Rana (<i>Ranidae rana</i>)	0	6
Sapo (<i>Bufo bufo</i>)	0	8
Salamandra (<i>Salamandra salamandra</i>)	0	1
Tritón (<i>Triturus vulgaris</i>)	0	1

De forma excepcional, por tratarse de animales de especies protegidas, pero que han llegado muertos al Gabinete Veterinario de la Facultad de Medicina de la Universidad de Medicina de la Autónoma, sin poder establecer las causas, se han utilizado: una salamandra (*Salamandra salamandra*) y un tritón (*Triturus vulgaris*).

Finalmente, se ha tenido la oportunidad de disecar la pelvis, con cadera completa en dos fetos humanos de necropsias *post-mortem* de causas patológicas desconocidas procedentes del Departamento de Anatomía Patológica del Hospital de La Paz y en un adulto procedente del Departamento de Anatomía, Histología y Neurociencia de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Madrid.

4.1.3. Animales de experimentación del ensayo.

Para la realización del ensayo de luxación de cadera propiamente dicho se han empleado ratas Sprague-Dawley (ratas S-D) de dos semanas de vida que se han agrupado en los siguientes periodos de estudio.

1. Grupo de cuatro días, en este grupo se han utilizado veinte ratas.

Material y Métodos.

2. Grupo de una semana, en este grupo se han utilizado veinte ratas.
3. Grupo de dos semanas, en este grupo se han utilizado veinte ratas.
4. Miscelánea, que incluyen animales para seguimientos a medio y largo plazo (hasta un año). Además se han empleado un grupo de ratas para evaluar los fenómenos a estudio en periodos muy largos y fuera de estudio, llegando hasta el año de evolución. Este grupo está constituido por veinticinco ratas.

4.1.4. Material del animalario. Condiciones del mismo.

Las ratas han sido suministradas por el Gabinete Veterinario de la Universidad Autónoma de Madrid (nº de registro EX021U), que cumple el RD 223/1988 (B.O.E. de 19 de marzo de 1988) en lo relativo a centros de experimentación animal y protección de los animales empleados para experimentación y otros fines científicos y está autorizado y registrado por la Comunidad Autónoma de Madrid.

Los animales nacidos de cada camada se agrupaban en jaulas hasta el destete que se realizaba a las tres semanas de vida. A partir de este momento los animales de estudio, todas hembras, se agrupaban en jaulas.

El suelo de las jaulas, que es de plástico, está cubierto de serrín, que se renueva cada día. El techo de la jaula está formado por un enrejado de acero inoxidable que permite el depósito de alimento y bebida.

La dieta está constituida por:

- Pienso de la marca AO4 (PANLAB, S.L.) en forma de tacos.
- Agua “ad libitum” que se suministra en biberones de 250 cc. alojada al lado del alimento pero sin contacto con el mismo.

Material y Métodos.

Las jaulas están dispuestas en estanterías en salas con control de temperatura y humedad aisladas del resto de los animales no intervenidos en el Gabinete Veterinario de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Madrid.

4.1.5. Material anestésico.

La anestesia se realiza la administración vía intraperitoneal de una mezcla de:

- ketamina 10 mg / kg (Ketolar[®], Lab. Parke-Davis, S.A.),
- xilacina 3 mg / kg. (Rompun[®], Lab. Bayer, Barcelona, España) y
- atropina 0,05 mg / kg.

De esta mezcla se administran 0,2 ml /100 mgr de peso del animal.

4.1.6. Material quirúrgico.

- Luz fría Hund Wetzlar, FLQ 150.
- Instrumental quirúrgico: mango de bisturí con hojas desechables del número 11, tijeras rectas y curvas, así como pinzas de Adson.
- Lupa estereoscópica, marca Ceti, Grimbergen, Belguim
- Aguja 21G.
- Tijeras Micro-Federscheren Geb 15,5 cm, Cat.No/Item: 05-621-155 y Geb 11,5 cm, Rudolf Medizimechnik, Alemania.

4.1.7. Material para estudio radiográfico.

- Aparato de Rayos X, marca Hewlett Packard, modelo Cabinet X-Ray system, nº 43855N, Faxitrón series, del Gabinete veterinario de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Madrid.
- Procesador automático convencional de revelado del Centro de Investigaciones Biomédicas del C.S.I.C., marca AgfaCurix-60.

Material y Métodos.

- Pantalla amplificadora de microfilm, marca NCR mod. 605-0070837.
- Placas radiográficas marca AGFA MAMORAY 18 x 24.

4.1.8. Material de estudio histológico.

- Microtomo marca Leica JUNG RM 2025.
- Cuchillas desechables, marca Feather, R 35.
- Estufa para parafina, marca Selecta.
- Dispensador de parafina, marca Selecta.
- Formol neutro tamponado al 10%.
- Parafina marca Paraplast Plus, Tissue Embedding Médium, McCormick Scientific, Ref 502004, U.S.A.
- Reactivos y colorantes para Hematoxilina-Eosina (Quimipur, Merck, Panreac, España).
- Sirius Red F3B (Gurr, microscopy materials, BDH Chemicals Ltd Poole, Ref. 34149, England).
- Ácido pícrico (Panreac, ref. 251049, España).
- Ácido etilen diamin tetra-acético (EDTA) y ácido fórmico al 8 %.

4.1.9. Material histométrico.

- Microscopio óptico Oxford Trade, con aumentos 4X, 10X y 40X, de la Casa Álvarez Material Científico.
- Ocular milimetrado (x10).
- Monitor de video, marca Sony TRINITRON KX-14CP1.
- Cámara de video, marca Sony CCD-IRIS Hi-Resolution.

4.1.10. Material informático.

- Ordenador personal, con microprocesador AMD-K7 a 1,1 Ghz, 128 MB de RAM y disco duro de 20 GB.

Material y Métodos.

- Programas Microsoft Word 2000, Excel 2000, Power Point 2000.
- Programa Adobe Photoshop 7.0 y el programa Lview Pro 1.D2/32 para tratamiento de imágenes.
- Programa Image J 1.36b (Wayne Rashband, National Institutes of Health, USA) para procesamiento y medición de imágenes.
- Programa Resizer 2.1 (Heinrich Peuser, Virtualzone.de) para redimensionar imágenes.
- Programa MedCalc (versión 8.0.0.0, MedCalc, Bélgica) para procesamiento de datos y estudio estadístico.
- Impresora HP Laserjet 1020.

4.1.11. Material iconográfico.

- Microscopio marca Oxford Trade.
- Cámara acoplada a microscopio marca Leica, modelo DFC 320.
- Programa de captura de imágenes CD Viewer.
- Programa de tratamiento de imágenes Adobe Photoshop 7.0.
- Programa para montaje de imágenes Panorama Maker 4 (v. 4.2.3.5.6, ArcSoft).
- Programa de tratamiento y medición de imágenes Image J versión 1.36b(NIH, National Institute of Health, USA).
- Cámara digital Pentax Optio de 10 Megapixels y Canon EOS 450 D.
- Programa para realizar gráficos de estadística MedCalc 8.0.0.0

4.2. Métodos.

4.2.1. Estudio macroscópico de anatomía comparada.

Los animales procedentes del Gabinete Veterinario tras la eutanasia fueron disecados principalmente en fresco, aunque en algunos casos fue necesaria la congelación previa para su conservación. Si teníamos varios especímenes, algunos fueron conservados en congelación (-20°) y otros en formol neutro tamponado al 10%. Los animales procedentes del exterior del Gabinete Veterinario llegaron en condiciones aceptables para el estudio del aparato locomotor.

La disección de la cadera se realiza sistemáticamente empezando por la cara anterior o ventral de la articulación, identificando los músculos de la zona coxo-femoral y sus relaciones con la articulación. Posteriormente, se accede a la cápsula que se describe en cada caso para realizar la artrotomía, evitando la sección de los ligamentos intra-articulares. Se describe las estructuras anatómicas de la articulación con especial atención al suelo de la articulación y a las estructuras que lo componen.

4.2.2. Diseño del modelo experimental.

El modelo experimental empleado está basado en los trabajos de Sijbrandij (1965) y de Michaelson (1972). Ambos autores emplearon la rata como modelo de luxación de cadera mediante la hiperextensión de la rodilla. El primero lo conseguía mediante tracción al introducir la pata del animal en un tubo y el segundo mediante una aguja que se introducía desde el retropié atravesando el calcáneo, pasando por la cresta tibial e introduciéndose por el fémur.

Nosotros hemos modificado la técnica, en el presente ensayo la aguja entra por la cara anterior del tercio distal del fémur, atraviesa la articulación de la rodilla y entra dentro de la tibia. Las razones por las que hemos cambiado el método tienen las siguientes ventajas:

Material y Métodos.

- El miembro puede usarse de una manera más natural y no está influenciado por el efecto del tubo como ocurre en el método de Sijbrandij.
- El efecto se produce por la modificación posicional de las articulaciones y los músculos, no por la tracción ejercida sobre la cadera como en el método de Sijbrandij.
- Conseguimos una hiperextensión correcta, lo cual no siempre se consigue con el método de Michaelson.

Si bien casi todo son ventajas, tenemos un inconveniente no despreciable y es la moderada tasa de fracturas femorales que invalidan el caso, lo cual se puede minimizar usando agujas adecuadas al grosor del fémur y ser especialmente cuidadoso con la técnica.

4.2.3. Procedimiento de ensayo.

Con el animal anestesiado se introduce una aguja de 21G a través de la cara anterior del fémur en su tercio distal. Una vez situada la aguja dentro del canal medular, se coloca la rodilla en hiperextensión y se procede a desplazar la aguja atravesando la articulación para entrar dentro del canal tibial. Este movimiento se debe realizar con suma suavidad y con ligeros movimientos de rotación para atravesar el platillo tibial que es especialmente duro. El procedimiento se termina cuando la fijación es estable y se obtiene la hiper-extensión de la rodilla, tras esto se procede a cortar la aguja sobrante de modo que no asome en la piel del animal. No se emplea ningún método de inmovilización o protección del miembro intervenido. Esta técnica no interfiere en la deambulación del animal.

4.2.4. Método de eutanasia.

Una vez cumplidos los tiempos de estudio, se procede a la eutanasia sacrificio de los animales mediante inhalación de monóxido de carbono en campana de metacrilato, siguiendo la normativa señalada en el punto 2.1.1.

4.2.5. Criterios de inclusión y exclusión.



Fig. 4. Imagen de una rata tras la eutanasia. Se aprecia la actitud del miembro inferior izquierdo del ensayo, en la que se aprecia la extensión de cadera y rodilla con flexión plantar del tobillo y dedos de la pata.

Tras la eutanasia, se inspeccionan los miembros inferiores del animal para comprobar su estado y situación. Son excluidos del estudio los animales: 1) si no se mantiene la hiperextensión de la rodilla en el momento de la eutanasia (Fig. 4), o 2) si hay una fractura del fémur (Fig. 5).

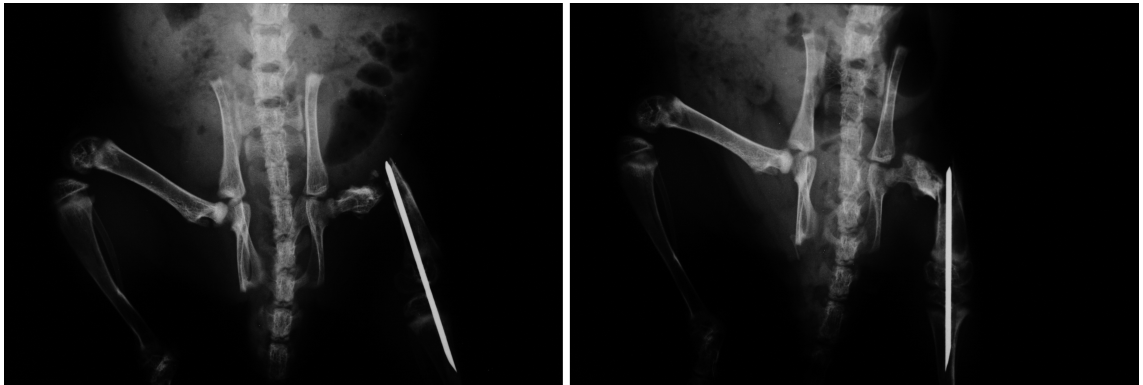


Fig. 5. Imagen radiográfica anteroposterior de la pelvis de dos casos excluidos por presencia de fractura de fémur.

4.2.6. Parámetros valorados tras la eutanasia.

Se valoran los siguientes parámetros en el animal:

- **Presencia de complicaciones cutáneas:** como son úlceras, abscesos, etc.
- **Actitud del miembro inferior intervenido:** con especial atención a la rotación (interna o externa) y abducción.
- **Movilidad del miembro inferior:** que es establecida como patológica si hay cualquier modificación en los movimientos de flexión, extensión, abducción, aducción o rotaciones superiores a 10°.
- **Elasticidad de la cadera:** se valora por el desplazamiento en todas las direcciones del fémur durante el mecanismo de tracción. Se considera positivo si es mayor que la que se aprecia en el lado derecho, considerado como normal.

Se extrae la aguja y se diseca la musculatura hasta exponer la articulación de la cadera. Se extraen las tibias y se aísla la pelvis con sacro excluyendo las vertebrales lumbares y las vértebras de la cola. A continuación se evalúan los siguientes parámetros:

Material y Métodos.

- ***Actitud postural de las extremidades posteriores*** (normal, patológica): se valora la posición de la extremidad posterior izquierda con respecto a la derecha, considerada ésta como normal. Se distingue una actitud postural normal o patológica.
- ***Movilidad de la cadera*** (normal, patológica): respecto a la contralateral.
- ***Elasticidad de la cadera*** (normal, aumentada, disminuida): si existe a la tracción o movilidad extrema de la cadera.
- ***Cápsula articular***: se valoran prominencias de la cabeza femoral y engrosamientos o adelgazamientos, así como cambios en el color o forma.

4.2.7. Parámetros valorados en el estudio morfológico en las caderas.

Se procede al estudio radiológico (ver siguiente apartado); una vez realizado se realiza la artrotomía de la cadera mediante la sección de la inserción de la cápsula en el cuello femoral. Se diseca cuidadosamente la cápsula despegándola del labrum y se extrae. Se secciona el ligamento redondo en su inserción femoral. Se evalúa la cápsula, el acetábulo y la cabeza femoral tanto para su descripción como para su medida. Éstas son obtenidas de la medición de las imágenes que son recogidas mediante una lupa estereoscópica unida a una capturadora de vídeo y que las envía a un ordenador personal (ver sección de medición macroscópica). Una vez tomadas las imágenes de las piezas, se procede a realizar las radiografías de la hemipelvis y de los fémures. Concluido esto, se incluyen en formalina al 4 %.

Los parámetros evaluados en el estudio del acetábulo y el fémur son los siguientes:

- ***Cápsula*** (normal, hipertrófica, hipotrófica): se clasifica en normal o patológica, y dentro de este grupo se especifica si hay hipertrofia o hipotrofia.

Material y Métodos.

- **Ligamento redondo** (normal, ausente, hipotrófico, hipertrófico): se establece si está ausente o presente, y dentro de éste si es normal o patológico estableciéndose si hay hipotrofia o hipertrofia.
- **Ligamento transverso** (normal, ausente, hipertrófico): se establece si está ausente o presente, y dentro de éste si es normal o patológico estableciéndose si hay hipotrofia o hipertrofia.
- **Pulvinar** (normal, atrófico, hipertrófico): se clasifica en normal o patológico, y dentro de este grupo se especifica si hay hipertrofia o hipotrofia.
- **Labrum** (normal, depresión, efecto): se clasifica en normal o patológico, y dentro de este grupo se especifica si hay eversión o inversión.
- **Limbus** (ausencia o presencia): se clasifica en ausencia o presencia de esta estructura patológica, definida como repliegue hipertrófico del labrum que aumenta la profundidad acetabular²¹.
- **Cuadrante articular afectado** (anterosuperior, anteroinferior, posterosuperior, posteroinferior): se señala la zona más afectada del acetábulo donde se dirige la cabeza femoral.
- **Faceta articular afectada** (normal, patológica, cotilo redondo, aplanado, color, sectores 1, 2, 3): establecemos cuatro zonas de estudio que corresponden al ilion (sector 1), al pubis (sector 2) y al isquion (sector 3). Este último se subdivide en parte inferior (suelo) y posterior.
- **Giba o "Ridge"** (presente, ausente, anterosuperior, anteroinferior, posterosuperior, posteroinferior): se establece si está ausente o presente, y dentro de éste se establece la zona de aparición.
- **Acetábulo secundario** (presente, ausente): se establece si está ausente o presente.

Material y Métodos.

- **Cabeza femoral** (normal / hipotrófica, redondeada o aplanada): se establece si es de tamaño normal o hipotrófica, dentro de este grupo se indica si está aplanada o es redondeada.
- **Inserción ligamento redondo** (normal, hipotrófica, hipertrófica): se establece si la fovea es normal o patológica, y dentro de ésta si es hipotrófica o hipertrófica.
- **Cuello femoral** (normal, patológico):): se establece si el cuello es normal en tamaño o patológico, se indica si hay acortamiento o asimetría.
- **Trocánter mayor** (normal, patológico, hipotrófico, hipertrófico, asimétrico): se establece si el trocánter mayor es normal o patológico, y dentro de éste si es hipotrófica o hipertrófica, simétrico o asimétrico.

4.2.8. Método radiográfico.

Las condiciones de realización de las radiografías fueron uniformes, cambiándose la intensidad y el tiempo según las proyecciones realizadas. Así todas las piezas estaban a una distancia fija (distancia foco-placa) de 25 cm y con una intensidad de 1,5 MA/seg.

El protocolo que empleamos fue el siguiente:

- encendido del aparato de rayos durante al menos 20 minutos
- realización de un disparo en blanco con 20 mkv de voltaje y 20 segundos de tiempo
- realización de las radiografías pertinentes.

Las modificaciones que se realizaron según las piezas fueron:

1. Proyección de pelvis completa AP: 20" y 20 mkv
2. Proyección de pelvis coronal: 12 " y 22 mkv
3. Proyección de fémures y hemipelvis AP y lateral: 12 " y 22 mkv

Parámetros radiográficos estudiados:

Proyección Anteroposterior (AP) de la Pelvis.

- Cadera, tipo de (Ca): la clasificamos en dos tipos: normal y patológica. La cadera patológica puede dividirse en cadera luxada o cadera subluxada. La cadera luxada tiene una ausencia completa de relación radiológica entre los elementos óseos coxo-femorales. La cadera subluxada presenta una relación o contacto parcial entre cabeza y acetábulo. En la normalidad hay un contacto o relación completo componentes óseos, aunque puede asociar alteraciones estructurales de los mismos.

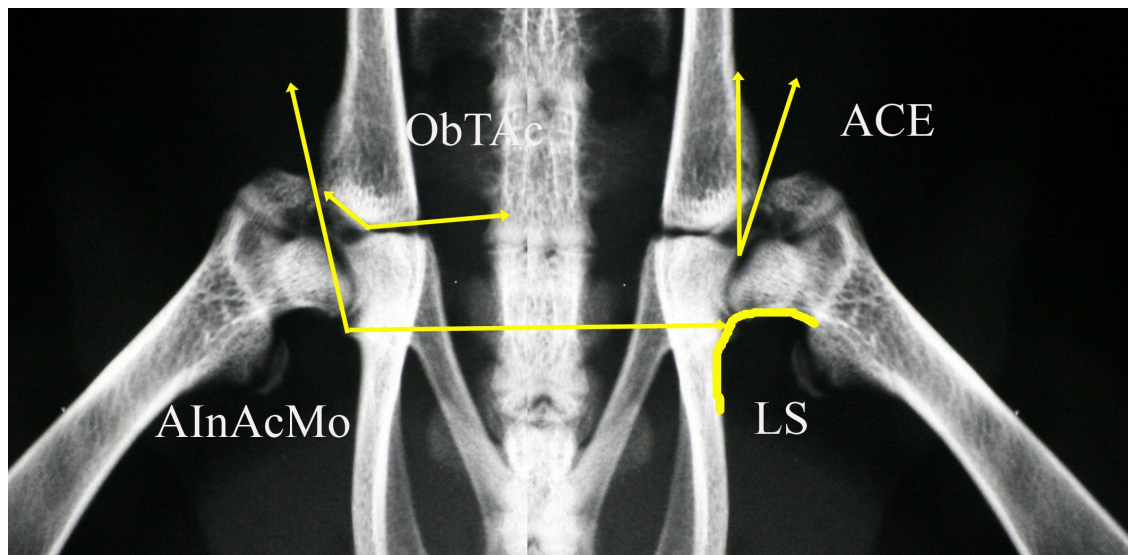


Fig. 6. Radiografía en proyección anteroposterior de la pelvis de una rata normal de 21 días de edad. Mediciones longitudinales y angulares de la radiografía de pelvis. ACE, Angulo Centro-Borde. AInAcMo, Angulo de Inclinación Acetabular Modificado. ObTAce, Oblicuidad del techo acetabular. LS, Línea de Shenton.

- Altura de la cadera (AlCa): relaciona el vértice metafisario medial proximal femoral con el vértice supero-externo acetabular²⁴³. La cadera patológica es aquella que presenta una pérdida de relación entre ambos vértices, ya sea porque desciende o porque se eleva.

Material y Métodos.

- Línea de Shenton o de Menard-Shenton o línea cérvico-obturatriz (LS): es una línea imaginaria que prolonga el borde superior del agujero obturador con el borde inferior del cuello femoral. La ruptura de esta línea se considera patológica (Fig. 6).
- Cuello, tipo (Cu): El cuello es considerado patológico si pierde la forma o posición normal.
- Osificación femoral (OsFe): La osificación femoral se considera patológica si pierde su forma o posición normal.
- Cobertura (Co): Es la relación entre el borde supero-lateral del acetábulo y la resultante de la cadera.
- Ángulo CE o ángulo centro-borde o de Wiberg (ACE): Es el ángulo formado por una línea vertical que pasa por el centro de la cabeza y otra que desde el centro cefálico pase por el borde supero-externo del acetábulo^{89,108,190} (Fig. 6).
- Ángulo inclinación Acetabular o de Sharp (AInAc): Es el ángulo formado por una línea horizontal que pase por la lágrima y otra que desde este punto pase tangente al borde supero-externo del acetábulo²⁴⁰.
- Ángulo inclinación Acetabular modificado (AInAcMo): Es el ángulo formado por una línea que une los puntos más infero-externos de ambos acetábulos con la línea que pasa entre dicho punto infero-externo y el punto más supero-externo del acetábulo (Fig. 6).
- Índice acetabular (InAc): es la relación entre el diámetro mayor del acetábulo (D), establecido por una línea que une la zona supero-externa del mismo con la zona infero-externa, y su profundidad (W), que se establece por una línea que una a la anterior y se dirige al punto más distante del acetábulo¹¹⁸ (Fig. 8).

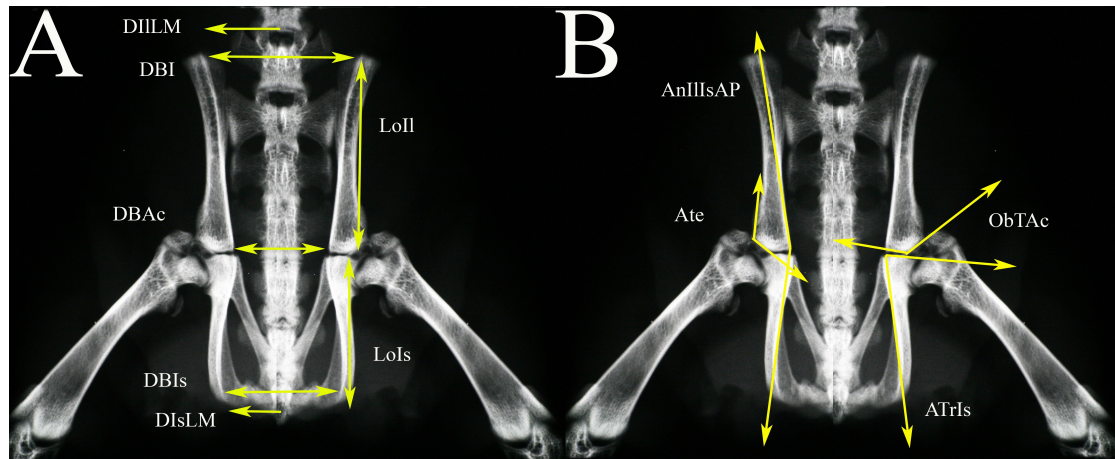


Fig. 7. Radiografía en proyección anteroposterior de la pelvis de una rata normal de 21 días de edad. Mediciones longitudinales y angulares de la radiología de la pelvis. A: DIILM, Distancia Ilium a Línea Media. DBI, Distancia Bi-Iliaca. LoIl, Longitud Ilium. DBAc, Distancia Bi-Acetabular. DBIs, Distancia Bi-Isquiática. LoIs, Longitud Isquion. DIIsLM, Distancia Isquion a Línea Media. B: AnIIIIsAP, Angulo Ilium-Isquion AP. Ate, Angulo del techo. ObTAc, Oblicuidad del techo acetabular. ATrIs, Angulo Trirradiado Isquion

- Oblicuidad del techo acetabular (ObTAc): es el ángulo formado por la horizontal que pasa por el punto más inferior del ilion y la línea que une este punto con el punto más supero-externo del acetábulo¹⁶⁹ (Fig. 6 y 7).
- Ángulo del techo (Ate): es el formado entre las líneas tangentes que pasan por la ceja supero-externa del acetábulo (Fig. 7 y 9).
- Índice de Extrusión Acetabular (InExAc): es la relación entre dos mediciones, por una lado, la distancia horizontal entre la vertical de las líneas trazadas por la parte medial y el borde lateral de la cabeza femoral (A), y por otra, la distancia entre el borde lateral y el borde exterior del acetábulo (B)¹¹⁸ (Fig. 8).
- Longitud ilion (LoIl): es la longitud entre el borde más externo de la cresta ilíaca y el punto más infero-medial del ilion¹²² (Fig. 7).

Material y Métodos.

- Longitud isquion (LoIs): es la longitud entre el punto más supero-medial del isquion y el punto más distal del isquion¹²² (Fig. 7).
- Distancia bi-iliaca (DBI): es la longitud entre los puntos más externos de la cresta iliaca¹²² (Fig. 7).

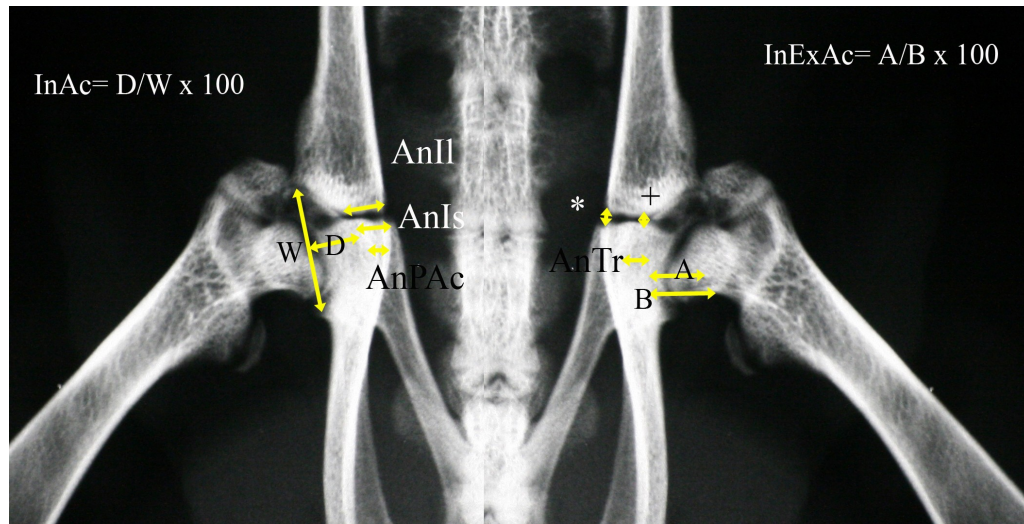


Fig. 8. Radiografía en proyección anteroposterior de la pelvis de una rata normal de 21 días de edad. Mediciones longitudinales y angulares de la radiología de la pelvis. InA, Índice Acetabular. AnPAc, Anchura de Pared Acetabular. AnTr, Anchura del Trasfondo. AnIl, Anchura Iliaco. AnIs, Anchura del Isquion. AnIII Me (*), Anchura Ilion-Isquion Medial. AnIII La (+), Anchura Ilion-Isquion Lateral. InExAc, Índice de Extrusion Acetabular. D:diámetro acetábulo. W: profundidad acetábulo. A y B. explicación en texto.

- Distancia Ilion a Línea Media (DIILM): es la longitud entre el punto más externo de la cresta iliaca y la línea media de la pelvis (Fig. 7).
- Distancia Isquion a Línea Media (DIsLM): es la longitud entre el punto más distal del isquion y la línea media de la pelvis (Fig. 7).
- Distancia bi-acetabular (DBAc): es la longitud entre los puntos más infero-mediales del ilion¹²² (Fig. 7).
- Distancia Bi-isquiática (DBIs): es la longitud entre los puntos más distales del isquion¹²² (Fig.7).

Material y Métodos.

- Anchura pared acetabular (AnPAc): es la longitud que mide el ancho del isquion en el punto medio del acetábulo (Fig. 8).
- Anchura trasfondo (AnTr): es la longitud entre el borde interno del acetábulo y el punto más medial de la cabeza femoral (Fig. 8).
- Anchura ilion (AnIl): es la longitud de la zona más inferior del ilion, que corresponde a la metáfisis acetabular (Fig. 8).
- Anchura isquion (AnIs): es la longitud de la zona más superior del isquion, que corresponde a la metáfisis acetabular (Fig. 8).
- Anchura ilion-isquion medial (AnIIIsMe): es la longitud entre el punto más infero-medial del ilion y el punto más supero-medial del isquion (Fig. 8).

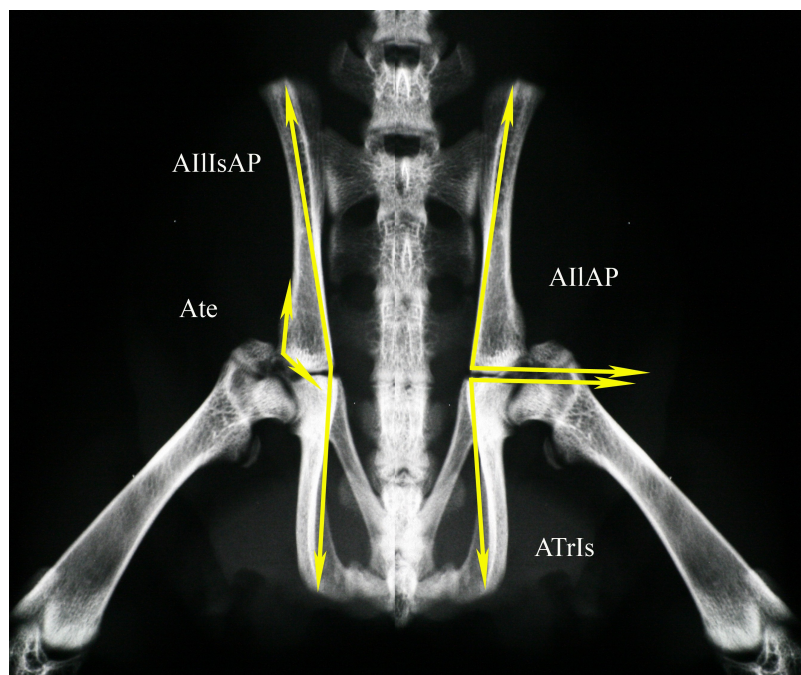


Fig. 9. Radiografía en proyección anteroposterior de la pelvis de una rata normal de 21 días de edad. AIIIsAP, Angulo Ilion-Isquion AP. Ate, Angulo del techo. AIIAP, Angulo Ilion AP. ATrIs, Angulo Trirradiado Isquion.

- Anchura Ilion-Isquion lateral (AnIIIsLa): es la longitud entre el punto más infero-lateral del ilion y el punto más supero-lateral del isquion (Fig. 8).

Material y Métodos.

- Angulo Ilion-isquion Antero-Posterior (AiIsAP): es el ángulo formado por la línea que une el punto supero-medial de la cresta iliaca y el punto infero-medial del ilion con la línea formada entre éste último punto y el punto más distal del isquion (Fig. 9).
- Angulo Ilion AP (AiIAP): es el ángulo formado por la línea que pasa tangente a la zona más distal del ilion y la línea que une el punto más supero-medial del ilion con el punto más infero-medial del ilion (Fig. 9).
- Angulo Trirradiado Isquion (ATrIs): es el ángulo formado por la línea que pasa tangente a la zona más proximal del isquion y la línea que une el punto más supero-medial del isquion con el punto más distal del mismo (Fig. 9).

Proyección AP (Anteroposterior) del Fémur.

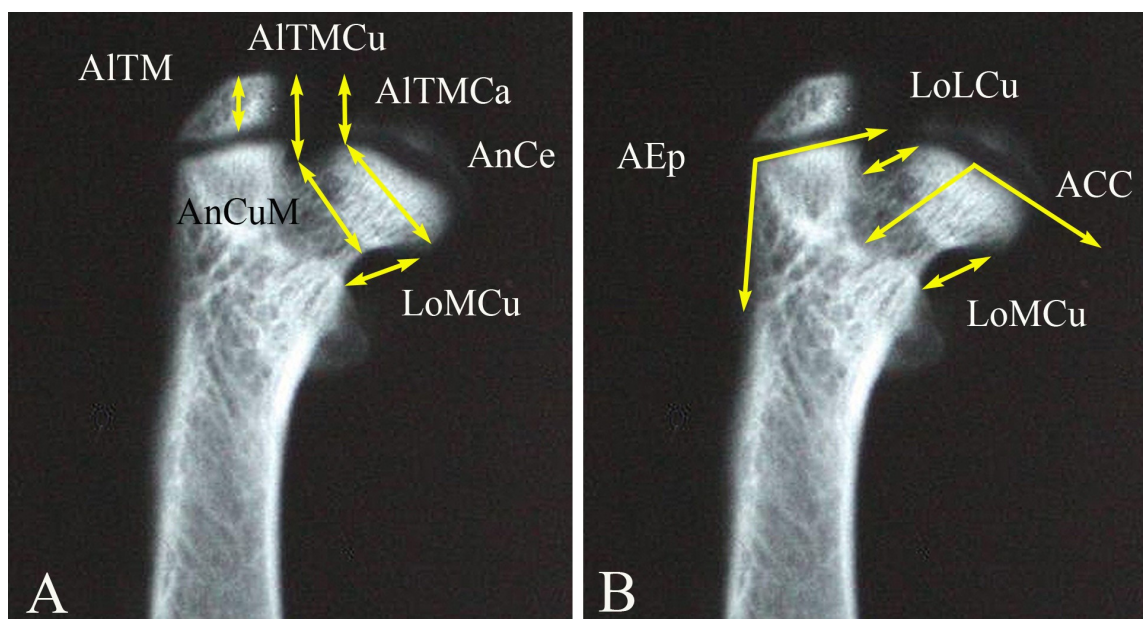


Fig. 10. Radiografía en proyección anteroposterior del fémur de una rata normal de 21 días de edad. Mediciones longitudinales y angulares del fémur. A: AITM, Altura Trocánter Mayor. AITMCu, Altura Trocánter Mayor a Cuello. AITMCa, Altura Trocánter Mayor a Cabeza. AnCe, Anchura Cefálica. AnCuM, Anchura Cuello Medio. LoMCu, Longitud Medial del Cuello. B: Aep. Angulo Epifisario. LoLCu, Longitud Lateral del Cuello. ACC, Angulo Cérvico-Cefálico. LoMCu, Longitud Medial del Cuello.

- Altura TM (AITM): es la longitud entre el punto más alto del trocánter mayor y el punto más inferior (Fig. 10).
- Altura Trocánter Mayor a Cuello (AITMCu): es la longitud que une la línea horizontal que pasa tangente al punto más proximal del trocánter mayor y el punto más superior de la base del cuello femoral (Fig. 10).
- Altura Trocánter Mayor a Cabeza (AITMCa): es la longitud que une la línea horizontal que pasa tangente al punto más proximal del trocánter mayor y el punto más proximal de la cabeza femoral (Fig. 10).

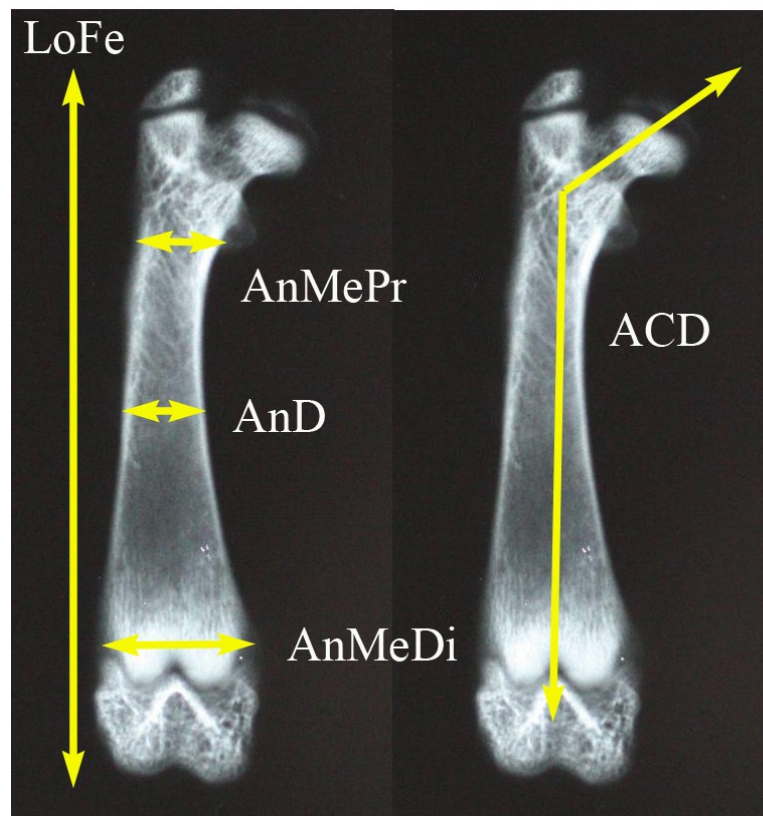


Fig. 11. Radiografía en proyección anteroposterior del fémur de una rata normal de 21 días de edad. AnMePr, Anchura Metáfisis proximal. AnD, Anchura Diáfisis. AnMeDi, Anchura Metáfisis Distal. LoFe, Longitud Femoral. ACD, Angulo Cérvico-Diafisario.

Material y Métodos.

- Anchura cuello medio (AnCuM): es la longitud que mide la anchura del cuello femoral en su zona media (Fig. 10).
- Longitud lateral del cuello (LoLCu): es la longitud que une el punto más supero-lateral de la cabeza femoral y el punto más supero-lateral del cuello (Fig. 10).
- Longitud medial del cuello (LoMCu): es la longitud que une el punto más infero-medial de la cabeza femoral y el punto más infero-lateral del cuello (Fig. 10).
- Angulo cérvico-cefálico (ACC): es el ángulo formado por el eje del cuello femoral y la línea tangente a la epífisis cefálica (Fig. 10).
- Angulo cérvico-diafisario (ACD): es el ángulo formado por el eje del cuello femoral y el eje de la diáfisis femoral (Fig. 10).
- Angulo epifisario (AEp): es el ángulo formado por la línea tangente a la cortical externa de la zona proximal del fémur y la línea tangente a la fisis del trocánter mayor (Fig. 10).
- Anchura metáfisis proximal (AnMePr): es la longitud de la metáfisis proximal del fémur (Fig. 11).
- Anchura metáfisis distal (AnMeDi): es la longitud de la metáfisis distal del fémur (Fig. 11).
- Anchura diáfisis (AnD): es la longitud que mide la anchura de la diáfisis en su zona media (Fig. 11).
- Longitud femoral (LoFe): es la longitud entre el punto más proximal del fémur y el punto más distal del mismo (Fig. 11).

Radiología de la hemipelvis.

- Longitud Hemipelvis (LoH): es la longitud entre la cresta ilíaca y la tuberosidad isquiática (Fig. 12).

Material y Métodos.

- Angulo Ilion-Isquion posterior (AIIIsPo): es el ángulo formado por la línea que une el borde posterior de la cresta iliaca y el punto más infero-posterior del ilion y la línea que une el punto más supero-posterior del isquion con el punto más infero-posterior del mismo (Fig. 12).
- Angulo Ilion-Pubis anterior (AIIPuAn): es el ángulo formado por la línea que une el borde anterior de la cresta iliaca y el punto más infero-anterior del ilion y la línea que une el punto más supero-anterior del pubis con el punto más infero-anterior del mismo (Fig. 12).

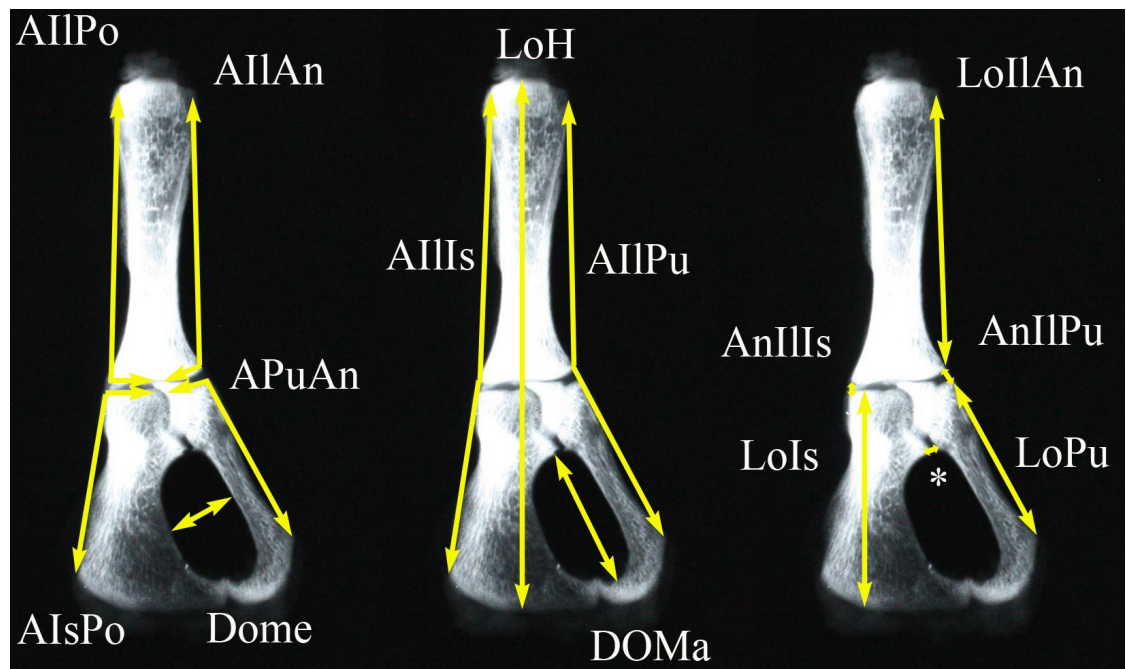


Fig. 12. Radiografía en proyección lateral del coxal o hemipelvis de una rata normal de 21 días de edad. LoH, Longitud Hemipelvis. AIIPo, Angulo Ilion Posterior. AIIAn, Angulo Ilion Anterior. AnIIIs, Anchura Ilion-Isquion. AnIIPu, Anchura Ilion-Pubis. AnIsPu, Anchura Isquion-Pubis. LoIIAn, Longitud Ilion Anterior. LoIs, Longitud Isquion. AIsPo, Angulo Isquion Posterior. LoPu, Longitud Pubis. APuAn, Angulo Pubis Anterior. AIIIs, Angulo Ilion-Isquion. AIIPu, Angulo Ilion-Pubis. DOMa, Diámetro Obturador Mayor. Dome, Diámetro Obturador Menor.

- Anchura Ilion-Isquion (AnIIIs): es la longitud entre el punto más infero-posterior del ilion y el punto más supero-posterior del isquion (Fig. 12).

Material y Métodos.

- Anchura Ilium-Pubis (AnIIPu): es la longitud entre el punto más infero-anterior del ilion y el punto más supero-anterior del pubis (Fig. 12).
- Anchura Isquion-Pubis (AnIsPu): es la longitud entre el punto más supero-anterior del isquion y el punto más supero-posterior del pubis (Fig. 12).
- Longitud Ilium anterior (LoIIAn): es la distancia entre el punto más supero-anterior del ilion y el punto más infero-anterior del mismo (Fig. 12).
- Longitud Isquion (LoIs): es la distancia vertical desde el punto isquiático más superior al más inferior (Fig. 12).
- Angulo Isquion Posterior (AIsPo): es el ángulo formado por la línea tangente al borde superior del isquion y la línea tangente al borde posterior del mismo (Fig. 12).
- Longitud Pubis (LoPu): es la distancia entre el punto más supero-anterior del pubis y el punto antero-superior de la sínfisis púbica (Fig. 12).
- Angulo Pubis Anterior (APuAn): es el ángulo formado por la línea tangente al borde superior del pubis y la línea tangente al borde anterior del pubis (Fig. 12).
- Angulo Ilium-Isquion (AIIs): es el ángulo formado por la línea que une el punto más posterior de la cresta ilíaca y el punto más infero-posterior del ilion y la línea que une el punto más postero-superior del isquion y el punto más infero-posterior del mismo (Fig. 12).
- Angulo Ilium-Pubis (AIIPu): es el ángulo formado por la línea que une el punto más anterior de la cresta ilíaca y el punto más infero-anterior del ilion y la línea que une el punto más antero-superior del pubis y el punto más infero-posterior del mismo (Fig. 12).
- Diámetro Obturador Mayor (DOMa): es la longitud mayor del agujero obturador obtenida mediante una línea paralela al pubis (Fig. 12).

Material y Métodos.

- Diámetro obturador menor (Dome): es la longitud menor del agujero obturador obtenida mediante una línea perpendicular al pubis en su zona media (Fig. 12).



Fig. 13. Radiografía en proyección axial de la pelvis de una rata normal de 21 días de edad. AnAgObAx, Anchura Agujero Obturador en proyección axial. AnRAx, Anchura rama en proyección axial. AanAc_S, Angulo de anteversión acetábulo-sacro.

Radiología axial de la pelvis.

- Anchura Agujero Obturador en proyección axial (AnAgObAx): es la longitud del eje menor del agujero obturador (Fig. 13).
- Anchura rama en proyección axial (AnRAx): es la longitud de la rama isquio-pubiana en su punto medio (Fig. 13).
- Angulo de anteversión acetábulo-sacro (AanAc_S): es el ángulo formado por la línea paralela al borde posterior del sacro y la línea secante del acetábulo con su borde anterior y posterior (Fig. 13).

- Angulo rama en proyección axial (ARAx): es el ángulo formado por la línea paralela al borde posterior del sacro y la línea tangente a la rama isquio-pubiana (Fig. 13).

4.2.9. Medición macroscópica del acetábulo.

Los acetábulos fueron medidos tras la obtención de la imagen de los mismos mediante una lupa óptica y una cámara de vídeo asociadas al ordenador. Mediante el empleo del programa ImageJ se pudo realizar las siguientes medidas de cada acetábulo:

1. Altura del cotilo (AlCo): medida como la distancia vertical del mismo (Fig. 14).
2. Anchura del cotilo (AnCo): medida como la distancia horizontal del mismo (Fig. 14).
3. Eje mayor del cotilo (EjMCo): es la medida de los dos puntos más distantes del cotilo.
4. Posición del eje mayor del cotilo: es la posición del eje mayor respecto de los cuatro cuadrantes del cotilo.
5. Longitud del ligamento redondo (LoLR): es la distancia mayor del ligamento desde la inserción hasta su borde libre (Fig. 14).
6. Anchura del ligamento redondo (AnLR): es la distancia mayor del borde libre del ligamento redondo (Fig. 14).
7. Longitud cotilo a reborde anterior de la pelvis (LoCoRe): mide la distancia más próxima entre el reborde anterior de la pelvis y el punto más próximo del cotilo (Fig. 14).
8. Longitud del cotilo al agujero obturador (LoCoAg): mide la distancia más próxima entre agujero obturador y cotilo (Fig. 14).
9. Perímetro el cotilo (PeCo): es la medida del contorno del cotilo (Fig. 14).

Material y Métodos.

10. Área del cotilo (ArCo): es la superficie contenida dentro del contorno del cotilo.
11. Anchura del isquion (AnIs): es la medida de la perpendicular del eje del isquion medida en la zona más estrecha del mismo (Fig. 14).
12. Anchura del pubis (AnPu): es la medida de la perpendicular del eje del pubis medida en la zona más estrecha del mismo (Fig. 14).
13. Anchura del ligamento transverso (AnLT): es la medida de la anchura del ligamento transverso en su zona media (Fig. 14).

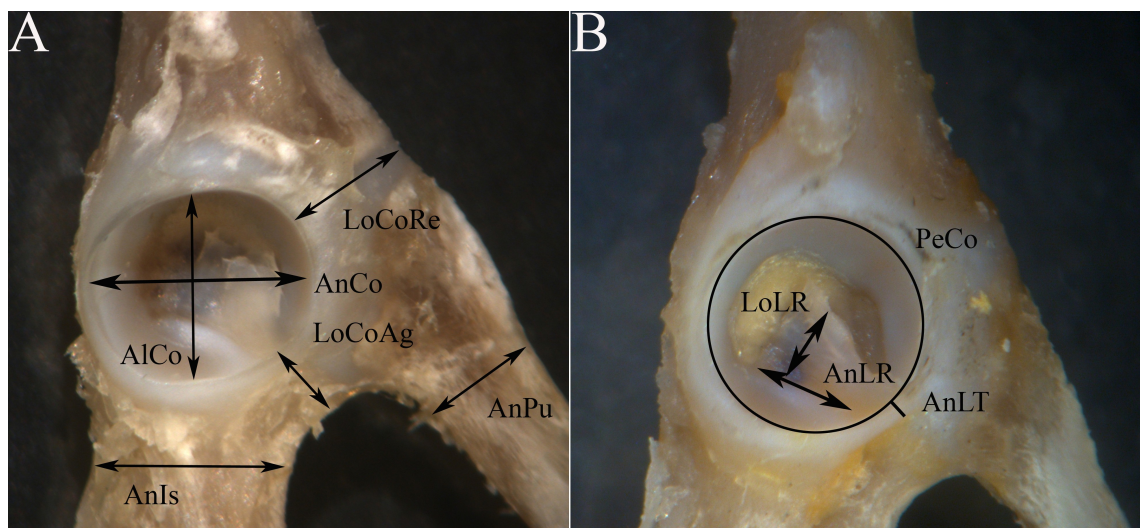


Fig. 14. Imágenes macroscópicas laterales del acetábulo de rata normal de 21 días de edad. Medidas realizadas en el acetábulo. (A): AlCo, Altura del Cotilo. AnCo, Anchura del Cotilo. LoCoRe, Longitud desde Cotilo a Reborde Anterior. LoCoAg, Longitud desde Cotilo a Agujero Obturador. AnIs, Anchura del isquion. AnPu, Anchura del pubis. (B): LoLR, Longitud del Ligamento Redondo. AnLR, Anchura del Ligamento Redondo. AnLT, Anchura del Ligamento Transverso. PeCo, Perímetro del Cotilo.

4.2.10. Medición macroscópica de la hemipelvis.

Las hemipelvis se fotografiaron mediante una cámara digital y se procesaron con el programa imageJ, realizándose estas mediciones:

1. Longitud de la hemipelvis (LoHe): es la longitud entre la cresta ilíaca y la tuberosidad isquiática (Fig. 15).
2. Longitud mayor del agujero obturador (LoMaAg): es la longitud mayor del agujero obturador obtenida mediante una línea paralela al pubis (Fig. 15).
3. Longitud menor del agujero obturador (LomeAg): es la longitud menor del agujero obturador obtenida mediante una línea perpendicular al pubis en su zona media (Fig. 15).

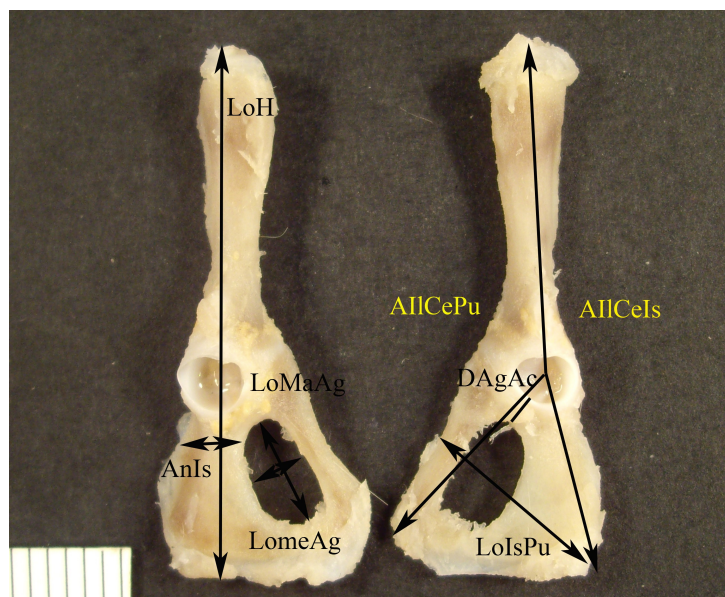


Fig. 15. Imágenes macroscópicas laterales de la hemipelvis de rata normal de 21 días de edad. Medidas de la hemipelvis. LoHe, Longitud de la Hemipelvis. LoMaAg, Longitud Mayor del Agujero obturador. LomeAg, Longitud menor del Agujero obturador. AIIceIs, Angulo Ilion-Centro-Isquion. AIIcePu, Angulo Ilion-Centro-Pubis. DAgAc, Distancia Agujero obturador a Acetábulo. LoIsPu, Longitud Isquio-Pública. AnIs, Anchura Isquion.

Material y Métodos.

4. Ángulo ilion-centro-isquiático (AIlCeIs): es el ángulo formado por la línea que va desde el centro de la cresta ilíaca al centro del acetábulo y la línea que va desde el centro del acetábulo al punto más postero-inferior del isquion (Fig. 15).
5. Ángulo ilion-centro-púbico (AIlCePu): es el ángulo formado por la línea que va desde el centro de la cresta ilíaca al centro del acetábulo y la línea que va desde el centro del acetábulo al punto más antero-inferior del pubis (Fig. 15).
6. Ángulo púbico-centro-isquiático (ApuCeIs): es el ángulo formado por la línea que va desde el centro del acetábulo al punto más postero-inferior del isquion y la línea que va desde el centro del acetábulo al punto más antero-inferior del pubis (Fig. 15).
7. Ángulo Ilio-Isquiático (AIIIs): es el ángulo formado por la línea que une el punto más posterior de la cresta ilíaca y el punto medio de la rama posterior del cartílago trirradiado y la línea que une este punto y el punto más infero-posterior del isquion (Fig. 15).
8. Ángulo Ilio-Púbico (AIIPu): es el ángulo formado por la línea que une el punto más anterior de la cresta ilíaca y el punto medio de la rama anterior del cartílago trirradiado y la línea que une este punto y el punto más antero-inferior del pubis (Fig. 15).
9. Longitud Isquio-Púbica (LoIsPu): es la distancia que mide el punto más postero-inferior del isquion y el punto medio de la rama anterior del pubis (Fig. 15).
10. Distancia agujero obturador a borde inferior del acetábulo (DAgAc): mide la distancia más próxima entre agujero obturador y cotilo (Fig. 15).
11. Anchura isquion (AnIs): es la medida de la perpendicular del eje del isquion medida en la zona más estrecha del mismo (Fig. 15).
12. Anchura pubis (AnPu): es la medida de la perpendicular del eje del pubis medida en la zona más estrecha del mismo (Fig. 15).

Material y Métodos.

13. Anchura máxima isquiática (AnMIs): es la distancia mayor entre el punto más postero-inferior del isquion y el punto más postero-inferior del agujero obturador (Fig. 15).

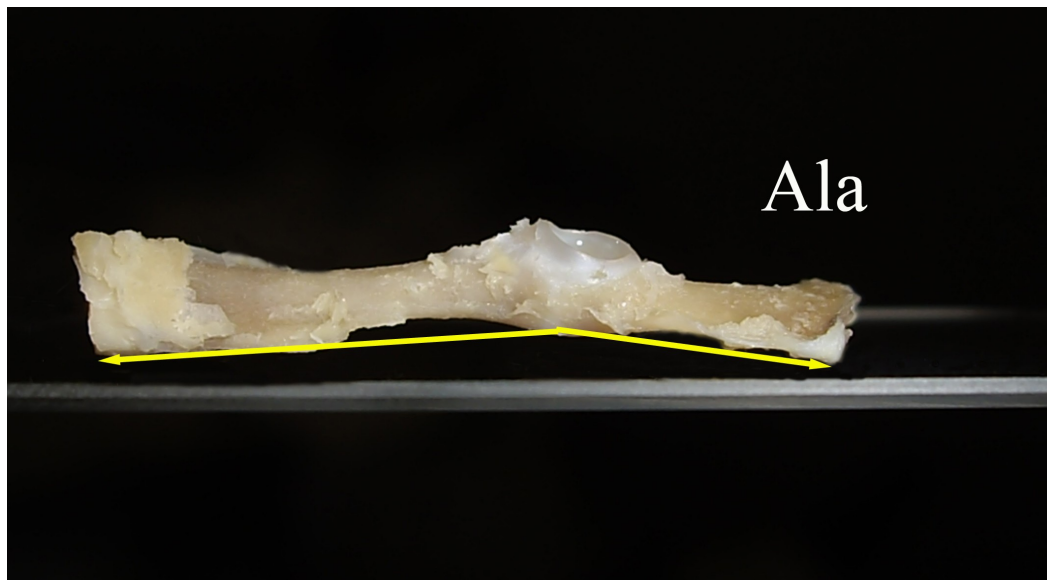


Fig. 16. Imágenes macroscópicas de la hemipelvis de rata normal de 21 días de edad. Visión dorsal. Medidas de la hemipelvis. Ala, Angulo lateral.

14. Ángulo lateral (Ala): es el ángulo formado por la línea que une el punto más postero-inferior de la cresta ilíaca y el punto más inferior del cartílago trirradiado y la línea que une este punto con el punto más infero-posterior del isquion (Fig. 16). (Esta medida se toma en una imagen lateral a la hemipelvis)

4.2.11. Medición macroscópica de la cabeza femoral.

Las cabezas femorales se fotografiaron por su cara anterior, posterior, superior y lateral mediante una cámara digital y se procesaron con el programa imageJ, realizándose estas mediciones:

1. Altura Cabeza Anterior (AlCaAn): mide la altura mayor de la cabeza en la visión anterior (Fig. 17).

Material y Métodos.

2. Área Cabeza Anterior (ArCaAn): mide el área de cartílago que se observa en la visión anterior (Fig. 17).

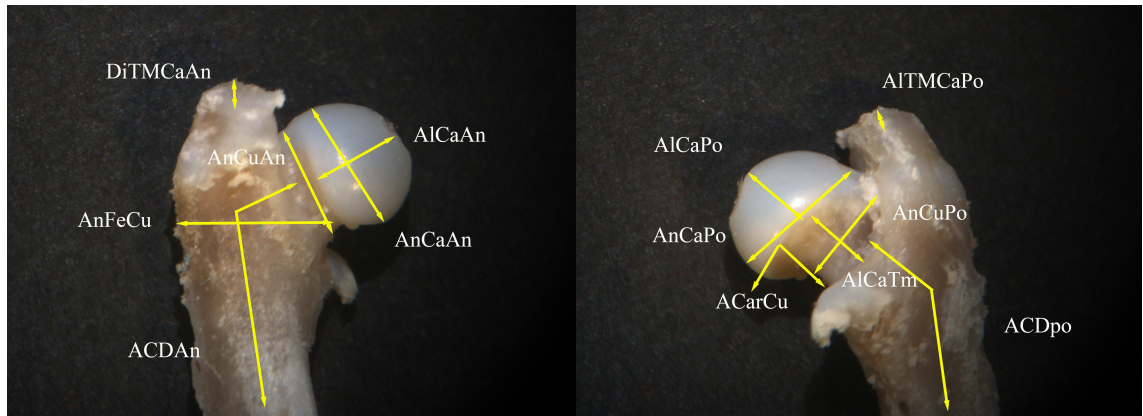


Fig. 17. Imágenes macroscópicas de la epífisis proximal del fémur de rata normal de 21 días de edad. Visión anterior. Imagen de las medidas macroscópicas de la epífisis proximal del fémur. AlCaAn, Altura Cabeza Anterior. AnCaAn, Anchura Cabeza Anterior. AnCuAn, Anchura Cuello Anterior. DiTMCaAn, Distancia Trocánter Mayor a Cabeza Anterior. AnFeCu, Anchura Fémur en Cuello anterior. ACDAn, Angulo Cérvico-Diafisario Anterior. AlCaPo, Altura Cabeza Posterior. AnCaPo, Anchura Cabeza Posterior. AnCuPo, Anchura Cuello Posterior. AlCaTm, Altura Cabeza a Trocánter menor. AlTMCaPo, Altura Trocánter Mayor a Cabeza Posterior. ACDpo, Angulo Cérvico-Diafisario Posterior. AcarCu, Angulo Cartílago Cuello.

3. Anchura Cabeza Anterior (AnCaAn): mide la anchura mayor de la cabeza en la visión anterior (Fig. 17).
4. Anchura Cuello Anterior (AnCuAn): mide la anchura del cuello en su zona media en la visión anterior (Fig. 17).
5. Distancia Trocánter Mayor a Cabeza Anterior (DiTMCaAn): mide la distancia entre el punto más elevado del trocánter mayor y el punto más elevado de la cabeza femoral en la visión anterior (Fig. 17).
6. Anchura Fémur en Cuello anterior (AnFeCu): mide la anchura del fémur a nivel del inicio del cuello femoral (Fig. 17).

Material y Métodos.

7. Angulo Cérvico-Diafisario Anterior (ACDAn): mide el ángulo formado por la línea que representa el eje de la diáfisis femoral y la línea que representa el eje del cuello en la visión anterior (Fig. 17).
8. Altura Cabeza Posterior (AlCaPo): mide la altura mayor de la cabeza en la visión posterior (Fig. 17).
9. Área Cabeza Posterior (ArCaPo): mide el área de cartílago que se observa en la visión posterior (Fig. 17).
10. Anchura Cabeza Posterior (AnCaPo): mide la anchura mayor de la cabeza en la visión posterior (Fig. 17).
11. Anchura Cuello Posterior (AnCuPo): mide la anchura del cuello en su zona media en la visión posterior (Fig. 17).
12. Altura Cabeza a Trocánter menor (AlCaTm): mide la distancia más corta entre la superficie articular de la cabeza femoral y el punto más alto del trocánter menor (Fig. 17).
13. Altura Trocánter Mayor a Cabeza Posterior (AlTMCaPo): mide la distancia entre el punto más elevado del trocánter mayor y el punto más elevado de la cabeza femoral en la visión posterior (Fig. 17).
14. Angulo Cérvico-Diafisario Posterior (ACDPo): mide el ángulo formado por la línea que representa el eje de la diáfisis femoral y la línea que representa el eje del cuello en la visión posterior (Fig. 17).
15. Angulo Cartílago Cuello (ACarCu): es el ángulo formado por el borde inferior del cartílago de la cabeza femoral y el borde más medial del cuello femoral (Fig. 17).

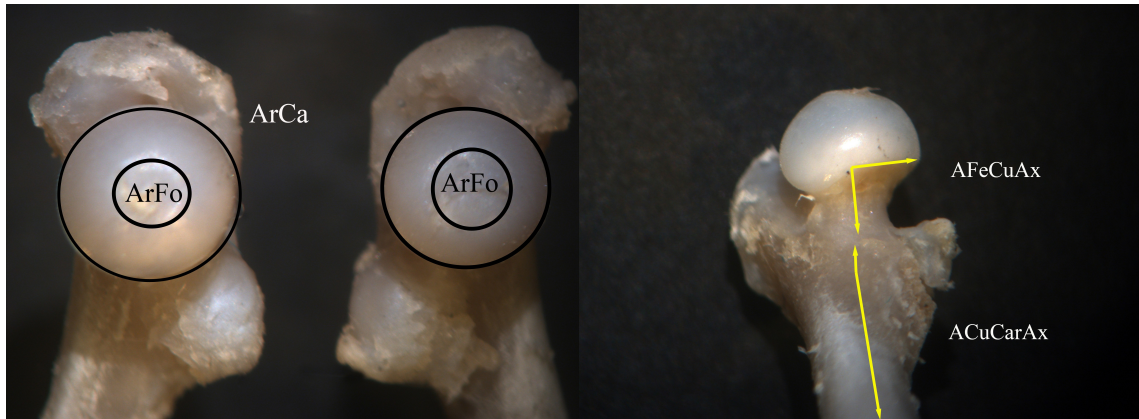


Fig. 18. Imágenes macroscópicas de la epífisis proximal del fémur de rata normal de 21 días de edad. Visión medial (imagen izquierda) y axial (imagen derecha). Medidas de la epífisis proximal del fémur. ArCaS, Área Cabeza Superior. ArFoS, Área Fovea Superior. AFeCuAx, Angulo Fémur Cuello axial. ACuCarAx, Angulo Cuello Cartílago Axial.

16. Área Cabeza Superior (ArCaS): es el área del cartílago de la cabeza femoral en la visión craneal de la cabeza (Fig. 18).
17. Área Fovea Superior (ArFoS): es el área de la fovea en la cabeza femoral en la visión craneal de la cabeza (Fig. 18).
18. Relación Cabeza/Fovea (RCaFo): es la proporción que representa la fovea respecto de la cabeza femoral.
19. Angulo Fémur Cuello axial (AFeCuAx): es el ángulo formado entre la línea que representa el eje del cuello femoral y la línea tangente al borde inferior de la superficie cartilaginosa de la cabeza (Fig. 18).
20. Angulo Cuello Cartílago Axial (ACuCarAx): es el ángulo formado por la línea que representa el eje del fémur y la línea que representa el eje del cuello femoral (Fig. 18).

4.2.12. Método histológico.

Procesamiento de las articulaciones.

Se extrae en fresco la totalidad de la pelvis y se intenta eliminar la mayor cantidad de musculatura sin dañar el hueso o la cápsula articular. La pieza se introduce en formalina al 4% para su fijación, en un periodo de 48 horas.

Algunas de las hemipelvis fueron cortadas mediante una sierra refrigerada en agua para evitar la necrosis tisular. Posteriormente se descalcifica en ácido fórmico al 4% durante un periodo de al menos 48 horas, que puede ser superior si la pieza es muy grande.

Tras la descalcificación, se lava en agua durante 20 minutos para eliminar los reactivos previos.

El proceso de inclusión en parafina se realiza siguiendo este protocolo:

Alcohol 70° (30') > Alcohol 95° (2-3 h) > Alcohol 95° (toda la noche) > Alcohol 100° I (2-4 h) > Alcohol 100° II (2-4 h) > Acetato de butilo I (2-4 h) > Acetato de butilo II (toda la noche).

Las piezas deshidratadas se introducen en parafina I en estufa a 61° durante 2-4 horas, posteriormente se pasa a parafina II durante otras 2-4 horas.

Se forma un bloque con la pieza orientada según se ha tallado previamente, realizándose cortes seriados de 7 micras de grosor.

Se precede a las diferentes técnicas de tinción.

Tinción de Hematoxilina-Eosina.

Los portas se introdujeron en la estufa a 59° durante 45 minutos para eliminar el exceso de parafina.

El protocolo de tinción seguido es el siguiente:

Xilol I (5-10') > Xilol II (5-10') > Alcohol 100% (5') > Alcohol 96% (5') > Alcohol 70% (5') > Lavado en agua > Hematoxilina Harris (5') > Lavado en agua > Eosina Alcohólica (5') > Alcohol 96% (5') > Alcohol 96% (5') > Alcohol 100% (5') > Xilol I (5') > Xilol II (5').

Tinción de Rojo Sirio.

Los portas se introdujeron en la estufa a 59° durante 45 minutos para eliminar el exceso de parafina.

El protocolo de tinción seguido es el siguiente¹³⁵ :

Xilol I (5-10') > Xilol II (5-10') > Alcohol 100% (5') > Alcohol 96% (5') > Alcohol 70% (5') > Lavado en agua destilada > Solución Picrosirius (60') > Lavado con agua corriente > Lavar con CIH 0,1N (10'') > Lavado con agua corriente > Hematoxilina Harris (5') > Lavado en agua > Alcohol 70% (5') > Alcohol 96% (5') > Alcohol 100% (5') > Xilol I (5') > Xilol II (5').

La solución Picrosirius es una solución de 0,2 gr de rojo sirio en 100 ml de ácido pícrico saturado que es filtrada antes de su uso.

Posteriormente se monta la preparación cubriéndola con un cubre y mediante el empleo de una resina sintética DPX (Depex, Surgipath, ref. 08600E, Europe Ltd, Reino Unido).

4.2.13. Método histométrico.

Se ha empleado el ocular milimetrado para realizar las mediciones a un aumento de 40x. En la medición del cartílago trirrariado, se ha tomado como límites la zona condro-metafisaria para realizar la medición de las ramas del cartílago y para la medición de cada placa de crecimiento se ha empleado este límite condro-metafisario y el límite de la zona germinativa de cada placa.

4.2.14. Método iconográfico.

La cámara capturadora de video se ha empleado para recoger las imágenes tanto del microscopio como de la lupa estereoscópica. Tanto estas imágenes como las obtenidas por las cámaras de fotografías son posteriormente procesadas por los programas de tratamiento de imágenes.

4.2.15. Método estadístico.

Los datos recogidos son del tipo cualitativo, cuantitativo y descriptivo. Las variables cualitativas se presentan con su frecuencia absoluta y su porcentaje relativo. Las variables cuantitativas se muestran con su media y su desviación estándar (DE). Para comparar valores cualitativos de tablas 2x2 se ha empleado la prueba de χ^2 . Para comparar los valores cuantitativos primeramente se comprueba su normalidad mediante la prueba D'Agostino-Pearson y posteriormente empleamos la t de Student para las poblaciones con dos categorías. La prueba de la U de Mann-Whitney se emplea para comparar variables cuantitativas entre dos categorías sino cumplen los criterios de distribución normal (no paramétricas equivalentes) y la prueba de Kruskal-Wallis si los grupos tienen más de dos categorías. El riesgo alfa aceptado para todos los contrastes de hipótesis es de 0,05. Los datos fueron analizados empleando el programa MedCalc (versión 8.0.0.0, MedCalc, Bélgica) para procesamiento de datos y estudio estadístico.

5. RESULTADOS.

5.1. Evaluación macroscópica e histológica de las estructuras del acetábulo en distintas especies.

En los resultados que a continuación se exponen se limita la exposición a la descripción de ciertas peculiaridades anatómicas que interesan al tema de estudio que se propone en este trabajo, el suelo del acetábulo. No se pretende ser exhaustivo, sino sólo matizar aspectos anatómicos y microscópicos hasta ahora poco estudiados en la anatomía de estas especies. También se definen estructuras que están en discusión en la literatura como por ejemplo el concepto de labrum. El estudio fundamental se realiza en rata. También se establecerá un estudio comparativo entre las distintas especies animales. En ningún momento se analizan las partes blandas extra-articulares.

5.1.1. Estudio macroscópico de la rata.

Reino: Animalia. División: Chordata. Clase: Mammalia. Orden: Rodentia. Familia: Muridae. Subfamilia: Murinae. Género: Rattus.

Rata (Rattus norvegicus).

Acetábulo.

En la rata de 15 días, el contorno de la cavidad cotiloidea es circunferencial y está cubierto por un rodete o anillo fibrocartilaginoso de 0,3 mm de anchura que corresponde al labrum (Fig. 19-B). Se aprecia el cotilo en continuidad con el cartílago trirradiado. El diámetro del cotilo es de 2 mm. El rodete cotiloideo tiene una arquitectura prismática triangular y presenta tres caras: una externa, convexa que corresponde en parte a la región cápsulo-ligamentaria y sinovial. Una cara adherente o

Resultados

base que corresponde al contorno de la cavidad cotiloidea y se fusiona con ella, esta cara la podemos disecar con bisturí. Y, finalmente una cara interna o articular, cóncava, lisa y uniforme que estaría en contacto con la cabeza femoral y que se inclina hacia la superficie interna de la cavidad. Como señala Testut en el humano, y en la rata ocurre de forma similar, el límite de separación del cotilo coxal y su rodete está indicado en ciertos puntos por un surco estrecho y poco profundo y en otros por una simple línea resultante de la diferencia de aspecto de las dos formaciones en contacto.

En la zona inferior del anillo, al nivel de la escotadura isquiopúbica, el rodete fibrocartilaginoso es sustituido por una estructura de tejido fibroconjuntivo denso de aspecto ligamentario que se continúa de forma imperceptible tanto por su región anterior como posterior con el rodete fibrocartilaginoso mencionado, saltando a manera de puente por encima de la escotadura isquio-púbica. Esta estructura se conoce como ligamento transverso.

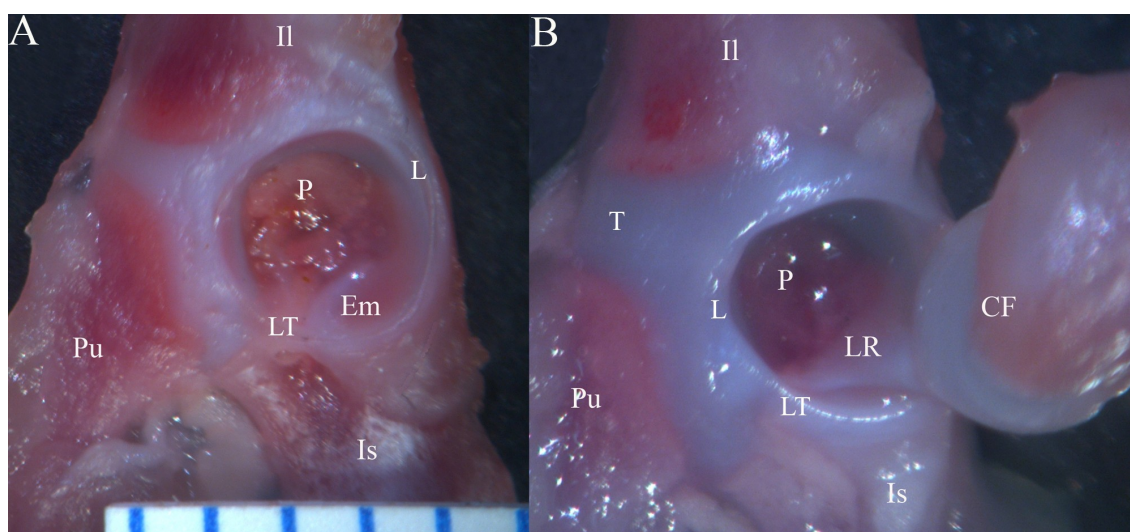


Fig. 19. Imagen macroscópica de acetábulos de rata. A: Acetábulo de rata de 21 días. B: Acetábulo de rata de 15 días. Il, ilion. L, labrum. LT, ligamento transverso. P, pulvinar. LR, ligamento redondo. Pu, pubis. Is, isquion. CF, cabeza femoral. T, cartílago trirradiado. Em, estructura meniscoide.(escala en mm.)

Al analizar el suelo del acetábulo comprobamos que está constituido por la superficie articular del isquion en íntima relación con la epífisis proximal del pubis.

Resultados

Entre ambas estructuras se aprecia las inserciones del ligamento redondo que se dirigen al fondo del acetábulo - en el pulvinar -, así como al pubis, al ligamento transverso, al canal isquiopúbico y al reborde del isquion. En esta zona se aprecia una estructura en forma de semiluna sobre la superficie articular del isquion, abierta hacia posterior y llama la atención por su parecido a un menisco de ahí que a partir de ahora nos refiramos a ella como “estructura meniscoide” (Fig. 19-A). Esta estructura meniscoide rodea el reborde del isquion y se continúa con el ligamento transverso por la zona externa del acetábulo. Cuando realizamos el movimiento de la cabeza unida al ligamento redondo comprobamos como en ciertas posiciones esta estructura meniscoide se levanta perceptiblemente. Al disecar el canal isquiopúbico, se observa que esta estructura meniscoide participa del techo del canal. En el estudio de diferentes especímenes de rata desde el nacimiento hasta la madurez, se observan las estructuras antes señaladas. En el acetábulo de 3 meses, podemos comprobar que la estructura meniscoide ha perdido su flexibilidad y la capacidad de ser aislada con facilidad, dando a entender que es una estructura anatómica con peculiaridades espacio-temporales con el desarrollo. Posteriormente describiremos esta estructura con más atención.

Labrum.

La articulación coxofemoral está formada por tres epífisis articulares: epífisis distal del ilion y las epífisis proximales del isquion y del pubis. Las tres epífisis en su borde externo desde el punto de vista morfológico no acaban de una forma transitoria de la estructura cartilaginosa epifisaria a una estructura pericondral- al modo de otras articulaciones como la rodilla- sino que en el borde externo se observa un tejido de predominio fibroconjuntivo, no cubierto por pericondrio, que aumenta el espacio articular y la cobertura de la cabeza femoral. Es una estructura, que no continúa pero si se apone al ribete condral del acetábulo. Esta estructura define lo que algunos autores denominan labrum de la cadera y no se encuentra cubierta por pericondrio, circunstancia esta última que ayuda a definirlo. El borde intra-cavitario e intra-articular de estas epífisis es de forma diferente entre ellas. El borde interno epifisario del ilion y

Resultados

del pubis finaliza en un borde romo que se continúa con un discreto tejido pericondral, que permita por vía intracavitaria pero por ruta extrasinovial la penetración de vasos al centro de osificación secundario de estas epífisis.

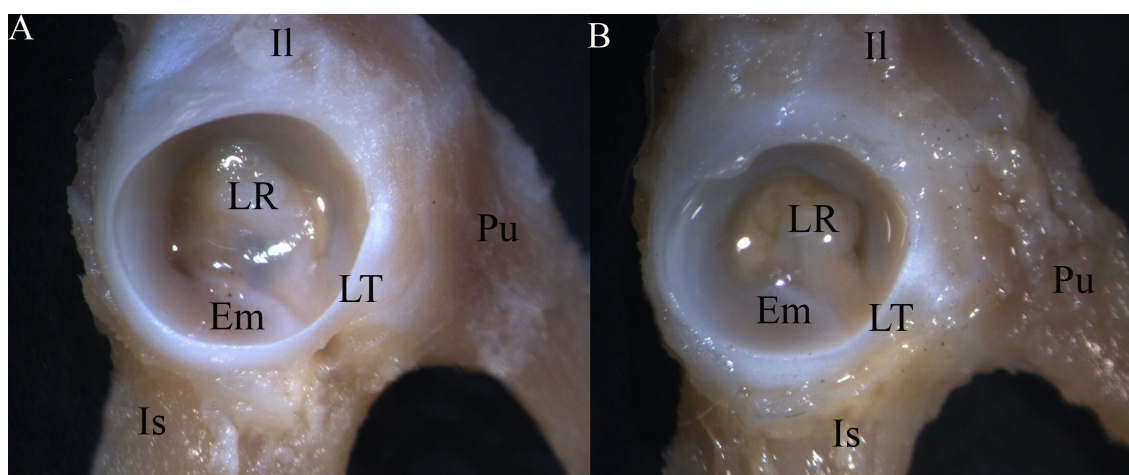


Fig. 20. Imagen macroscópica de acetábulos de rata. A: Acetábulo de rata de 1 mes. B: acetábulo de rata de 3 meses. Il, ilion. L, labrum. LT, ligamento transverso. LR, ligamento redondo. Pu, pubis. Is, isquion. Em, estructura meniscoide.

Definir el labrum se considera de interés por las implicaciones que tiene en la lesión que se estudia en este trabajo. Así se define el labrum como una estructura de partes blandas que se encuentra en el borde externo del acetábulo y lo circunda en sus zonas superior y anterior y posterior, no en la zona inferior que es sustituido por el ligamento transverso. Está constituido por un tejido fibroconjuntivo en las fases iniciales del desarrollo; posteriormente aparece células condrales, de forma predominante en la zona de la luz articular. En la base del labrum en su zona externa, extra-luminal, se observa un pequeño surco que la separa de tejido fibroso pericondral. El labrum se encuentra sin solución de continuidad con el rodete cartilaginoso. En las preparaciones histológicas se observa que el labrum es intra-capsular. El labrum del ilion presenta continuidad con la estructura cápsulo-sinovial (Fig. 19 y 20). El labrum del pubis y el labrum del isquion están cubiertos por la estructura cápsula-sinovial.

Ligamento transverso acetabular.

Se define como la estructura fibrocartilaginosa que salta de lado a lado de la escotadura isquio-pubiana transformándola en un orificio en parte óseo y en parte fibroso (Fig. 21-B). En su sección, igual que el labrum, tiene forma triangular discretamente aplanada con una cara supero-interna, externa y una inferior, y unos extremos. Tiene forma de segmento de circunferencia al ser la continuación del labrum. El cuerpo del ligamento está constituido por un borde de tejido fibroconjuntivo que en la zona medial interna parece intercalado con un tejido fibrocartilaginoso (Fig. 22). En la observación macroscópica del ligamento transverso del acetábulo se describe normalmente el cuerpo del cartílago y las dos zonas de entesis. La unión de la entesis anterior del ligamento transverso se realiza mediante dos terminaciones: una, por medio de una continuación de sus fibras que se entrelazan con las del rodete cotiloideo; otra, por medio de una lengüeta fibrosa que se inserta en la cara externa, convexa, del rodete fibrocartilaginoso, en el borde anterior del labrum entre el cartílago del isquion y del pubis (Fig. 21-C).

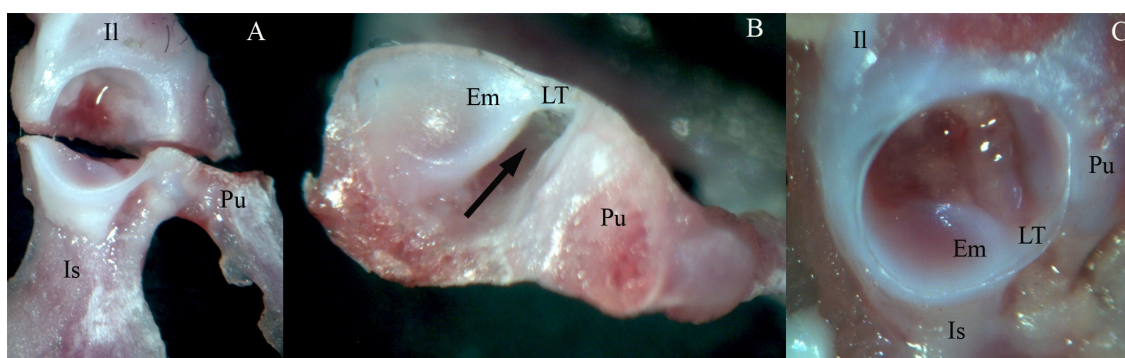


Fig. 21. Imagen macroscópica del acetábulo de rata de 21 días. A: imagen del corte coronal a través del acetábulo. B: Segmento inferior de la imagen A, visión del suelo del acetábulo desde craneal. Se indica el agujero isquio-púbico (flecha). C: imagen del suelo del acetábulo desde craneal, observándose las relaciones entre ligamento transverso (LT) y estructura meniscoide (Em). Il, ilion. L, labrum. Pu, pubis. Is, isquion.

La entesis posterior se inserta en la parte posterior del labrum mediante unas fibras que entrelazan con las del rodete fibrocartilaginoso y un grupo de fibras que se insertan en la cara externa o convexa del rodete cotiloideo en la zona del isquion.

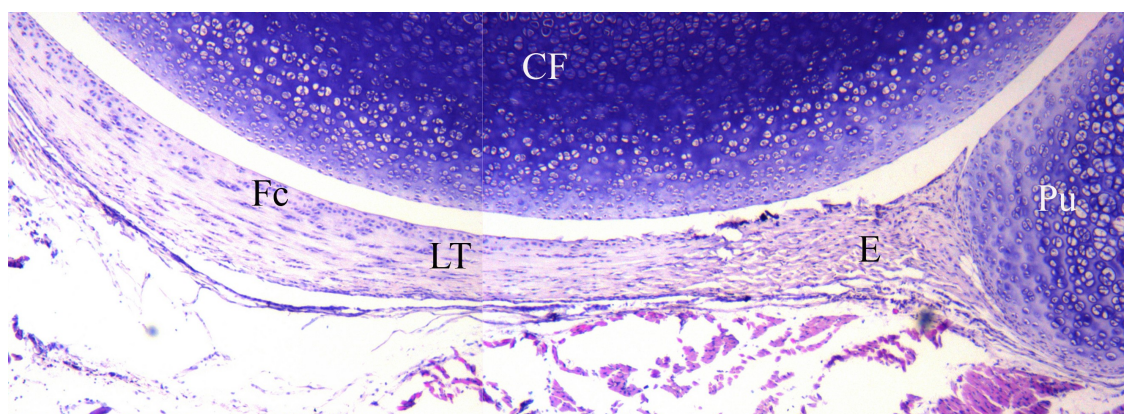


Fig. 22. Histofotomicrografía de un corte coronal de acetábulo de rata. Detalle del ligamento transverso (LT) de rata de 21 días. E: entesis, CF: cabeza femoral, Fc: Fibrocartílago. Pu: pubis (HE, x4).

El borde superior del ligamento transverso y la cara supero-interna, se encuentran libres de inserciones, se orientan hacia la luz articular y participan en la contención y retención de la cabeza femoral. El borde interno se continúa con una estructura condral en forma de C que se encuentra en el suelo del acetábulo y circunda la parte anterior de la faceta del isquion. En la literatura revisada, no hemos encontrado descrita esta observación. En un principio la hemos denominado “estructura meniscoide”.

La cara externa se encuentra libre y de su borde inferior se observan fibras que se insertan en el isquion, en la región de entrada al canal isquiopúbico; incluso algunas fibras penetran en el canal y se insertan en zonas más externas del mismo. En esta cara del ligamento se insertan fibras procedentes de estructuras musculares y tendinosas vecinas.

En el estudio histológico realizado con tinción de rojo Sirio y al observarlo con luz polarizada podemos observar como hay abundancia de fibras de colágeno y como se distribuyen saltando desde el pubis al isquion (Fig. 23).

La cara inferior y el borde inferior participan en la definición del orificio isquiopubiano o entrada del canal isquiopubiano. Esta cara se inserta mediante unas fascias en las columnas óseas del isquion que formarán el canal.

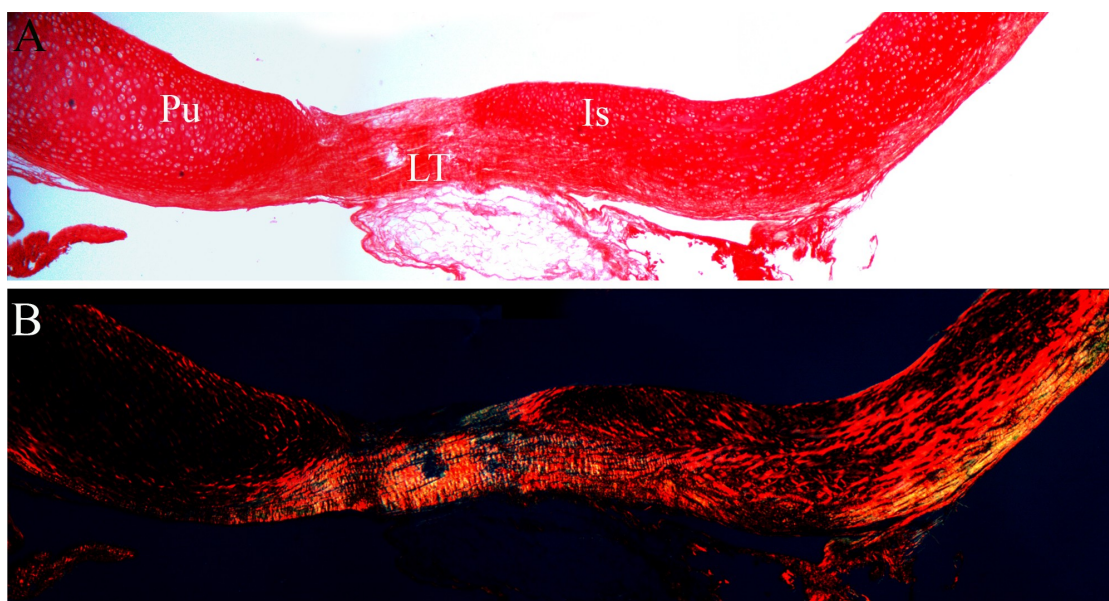


Fig. 23. Histofotomicrografía un corte coronal del acetábulo de rata. Detalle del ligamento transverso (LT) de rata de 15 días. Tinción con Picrosirio. A, visión con luz normal, se observa la continuidad entre isquion (Is) y pubis (Pu). B, misma imagen con luz polarizada donde se observa la abundancia de fibras de colágeno. (rojo Sirio, 4x)

El ligamento transverso tiene una movilidad pasiva en sentido craneo-caudal, de muy corto trayecto recorrido entre las dos regiones de las entesis.

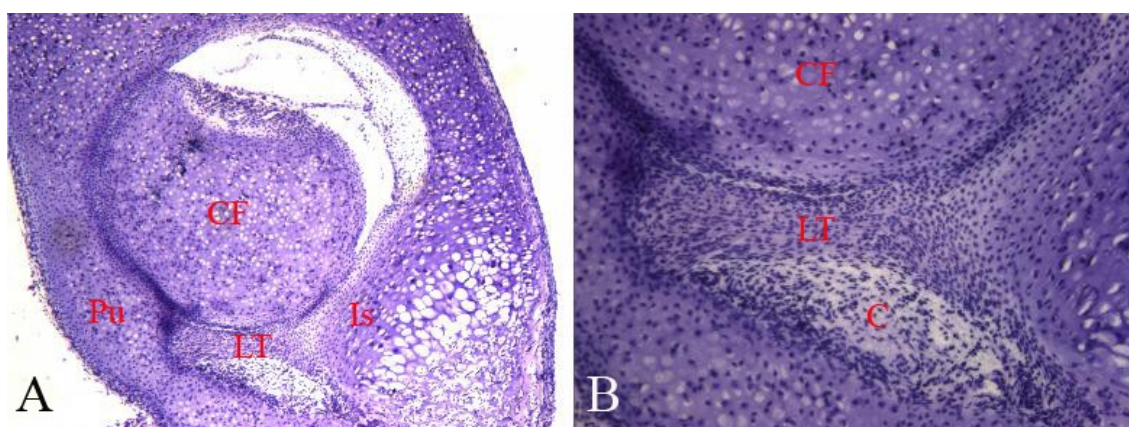


Fig. 24. Histofotomicrografía de un corte del acetábulo de rata de 4 días. A: corte coronal, se observa el ligamento transverso (LT) y sus relaciones con la cabeza femoral (CF), el isquion (Is) y el pubis (Pu). (HE, 4x) B: detalle a 10x de la imagen previa, se observa el ligamento transverso como techo del agujero isquio-pubiano (C).

El ligamento transverso tiene relación con el ligamento redondo que más tarde

Resultados

describiremos. El estudio histológico nos muestra en los especímenes de cuatro días (Fig.24) como el ligamento transverso aparece como una banda de tejido mesenquimal entre isquion y pubis, que hacen de techo del canal isquio-púbico. Puede apreciarse como parte de este tejido se dirige hacia la cara inferior del isquion que hace de pared del canal.

Ligamento Redondo.

Es una estructura de tejido fibroconjuntivo en forma de cinta gruesa aplanada en su mitad externa o lateral, de unos 1,4 mm de anchura mayor en la rata de 15 días (fig. 25-A), mediante la cual se inserta en una fosita de la cabeza femoral (lo que se denomina en humanos la *fovea capitis*). En su mitad medial o interna se desfleca en varios grupos de fibras que se agrupan en fascículos (Fig. 25-B):

- Fascículo anterior (FA), mediante un grupo de fibras se inserta en el borde medial del tercio anterior del ligamento transverso y al pubis.

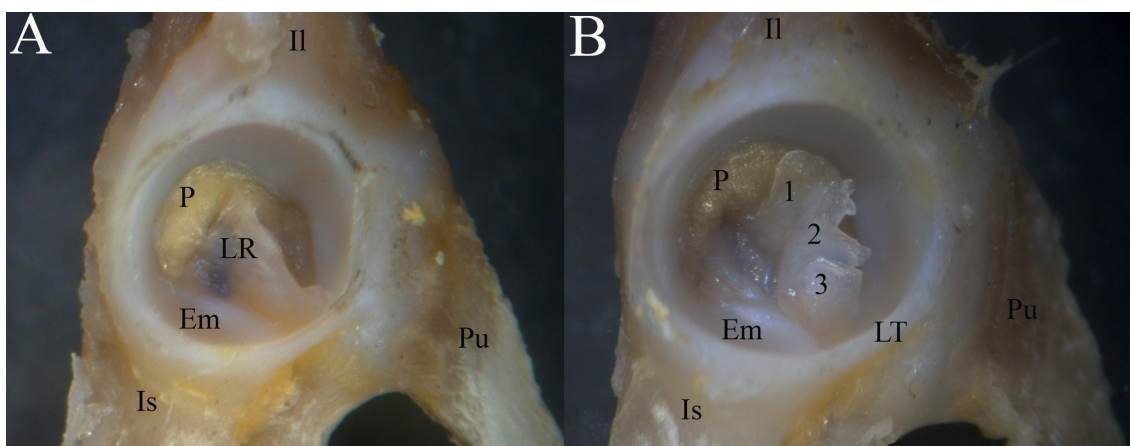


Fig. 25. Imagen macroscópica de acetábulo de rata de 15 días. A: se observa el ligamento redondo como una estructura acintada. B: se aprecian los tres fascículos (1. fascículo posterior, 2. fascículo medio y 3. fascículo anterior) que forma el ligamento redondo. Il, ilion. Is, isquion. Pu, pubis. P, pulvinar. LT, ligamento transverso. LR, ligamento redondo. Em, estructura meniscoide.

- Fascículo medio (FM), mediante un grupo de fibras se inserta en el borde

Resultados

convexo de la estructura meniscoide (Fig. 27-B).

- Fascículo posterior (FP), este fascículo se divide en dos grupos de fibras: a) unas se insertan en la zona fibroadiposa de la fosa acetabular (Fig. 27-A); b) en otro grupo se insertan en el fondo del canal isquiopúbico en el margen isquiático (posterior).

El repliegue membranoso, al igual que el descrito en el humano, está constituido por un grupo de tractos conjuntivos que se dirigen al trasfondo, donde se inserta a modo de un cono truncado y está cubierto por sinovial. Por la zona posterior del ligamento redondo penetra el paquete vascular que se distribuye a sus distintos fascículos (Fig. 26).

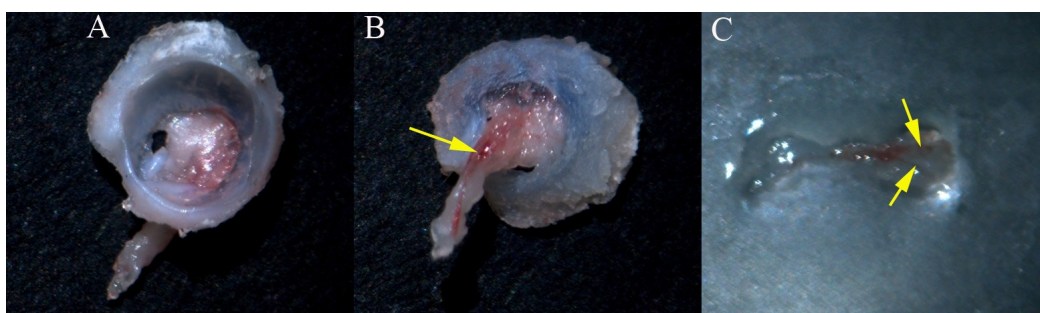


Fig. 26. Imagen macroscópica de la vascularización del ligamento redondo.. A: visión anterior de la superficie articular aislada con los vasos entrando desde el inferior a través del canal y por el ligamento redondo. B: visión posterior de la superficie articular, se observa el pedículo vascular entrando por el ligamento redondo (flecha amarilla). C: los vasos aislados que entran al ligamento redondo (flechas amarillas).

En la histología destaca la forma que presenta el ligamento redondo en la rata de cuatro días que puede verse en continuidad con el ligamento transversal con expansiones que salen del orificio isquio-púbico hacia el exterior articular. Se observa como asciende hasta insertarse en la fovea de la cabeza femoral. En la rata de 21 días, se observa una imagen muy característica de las expansiones que antes hemos señalado, y que en el caso del pulvinar da una imagen en forma de ramas de árbol (Fig. 28).

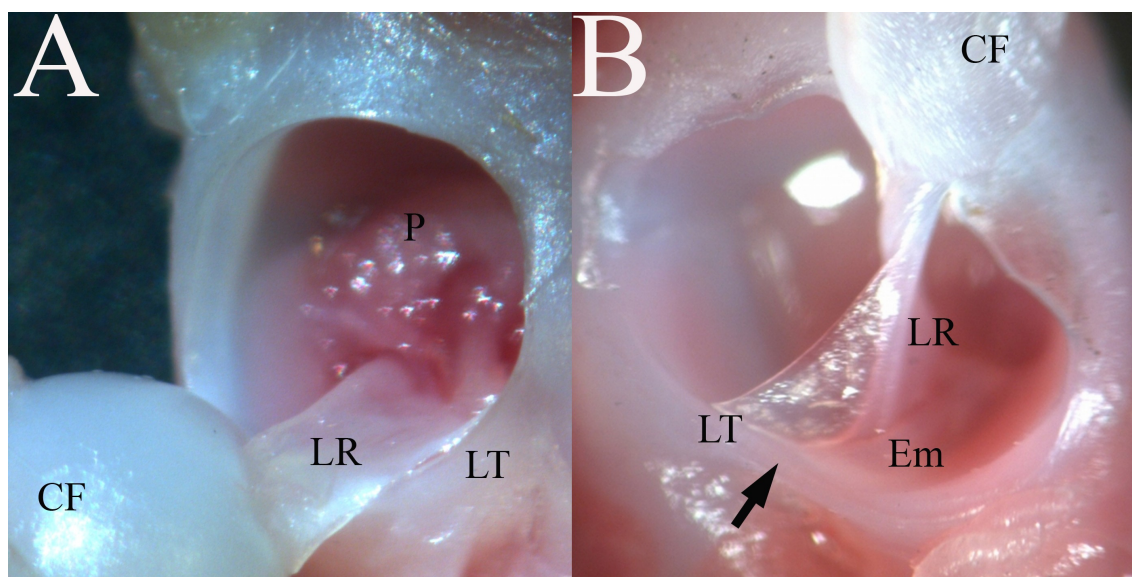


Fig. 27. Imagen macroscópica de acetábulo de rata de 15 días. A: se observan las expansiones del ligamento redondo (LR) al pulvinar (P). B: se observan las expansiones del ligamento redondo (LR) al ligamento transverso (LT) y a la estructura meniscoide (Em). Se aprecia la eversión del ligamento transverso (flecha). L, labrum. Cf, cabeza femoral.

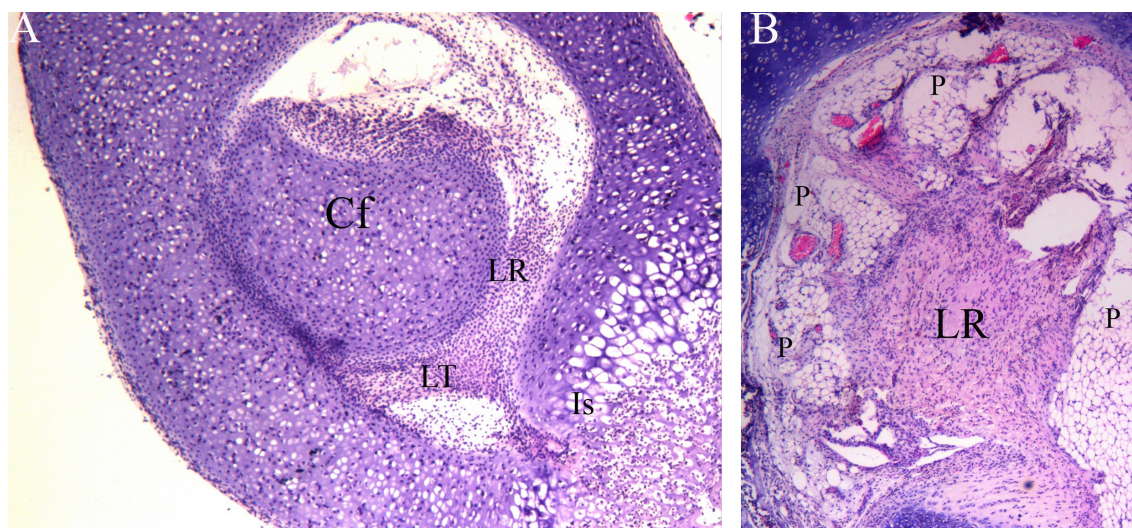


Fig. 28. Histofotomicrografía de un corte de acetábulo de rata. Detalle del ligamento redondo. A: corte coronal de acetábulo de rata de 4 días. Se observa como el ligamento redondo tiene una continuidad celular y de matriz extra-celular con el ligamento transverso. (HE, 4x) B: corte coronal de acetábulo de rata de 21 días, se observa el ligamento redondo (LR) con aspecto de ramas de árbol en la unión al pulvinar (P) (HE, 10x). Cf, cabeza femoral. LT, ligamento transverso.

Pulvinar.

En la rata al igual que en el humano, el trasfondo del cotilo es un espacio profundo que se configura durante el proceso de cavitación de la articulación de la cadera. Esta delimitada por la cara interna por la cortical externa de la rama ascendente del isquion, que con su configuración discretamente cóncava delimita un espacio. Por la cara externa por un espacio virtual delimitado por el borde interno de las epífisis del ilión, isquion y pubis. En su zona inferior este espacio delimitado llamado trasfondo articular se continua con el canal isquio-pubiano. Esta cavidad está ocupada por un tejido conjuntivo fibro-graso, con vasos, nervio y estructuras ligamentosas denominada pulvinar. Este tejido tapiza la estructura ósea de la cavidad del trasfondo acetabular (Fig. 29).

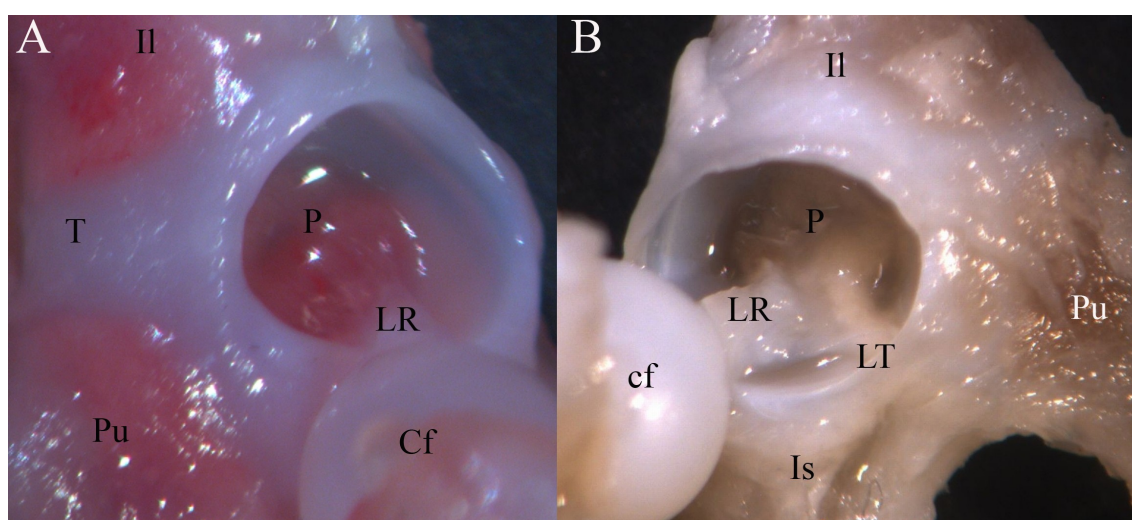


Fig. 29. Imagen macroscópica del pulvinar en rata. A: Acetábulo de rata de 15 días. Se aprecian las expansiones del ligamento redondo (LR) hacia el pulvinar (P). B: acetábulo de rata de un mes, en formol, se aprecia el pulvinar con su aspecto fibro-adiposo. Il, ilion. Is, isquion. Pu, pubis. P, pulvinar. LT, ligamento transverso. LR, ligamento redondo. CF, cabeza femoral. T, cartilago trirrariado.

De interés en este trabajo anotamos dos observaciones: primero, la particularidad morfológica es la presencia de amplias luces vasculares desde el periodo postnatal hasta el periodo de adulto (Fig. 30-A y 30-B) y, segundo, es el alineamiento de células

Resultados

osteoblásticas en la zona ósea del trasfondo, separada únicamente por una fina capa de tejido fibroconjuntivo del resto del pulvinar (Fig. 30-C).

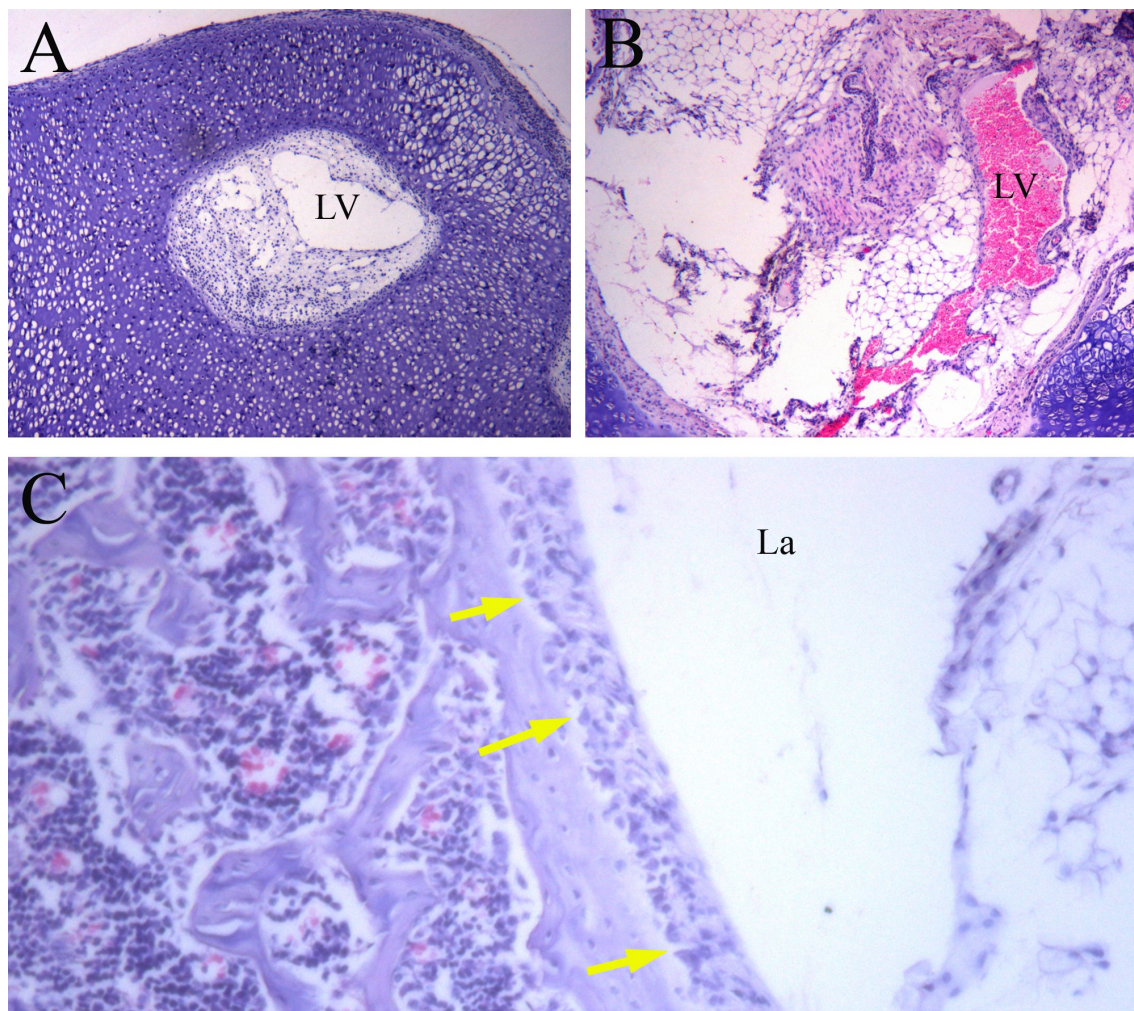


Fig. 30. Histofotomicrografía de un corte de acetábulo de rata. Detalle del pulvinar. A: corte coronal del acetábulo de rata de 4 días. Se observan las amplias luces vasculares (LV). B: corte coronal de rata de 21 días con amplias luces vasculares (LV). C: corte sagital de rata de 21 días. Se observa el alineamiento osteoblástico de la cortical interna de isquion (flechas amarillas). (HE, 4x).

Canal isquio-púbico.

Como señalábamos previamente, la escotadura isquio-púbica se sitúa como una importante depresión de la ceja cilioides y es la salida del trasfondo del acetábulo

Resultados

hacia la zona inferior del mismo. Con la participación del ligamento transverso, se configura un orificio que comunica el interior del acetábulo con el exterior. En el canal de la rata se distinguen tres componentes: óseo, condral y tejido blando (Fig. 31).

Componente óseo. En el desarrollo de la pelvis, el canal se origina en su zona inferior entre dos columnas óseas del isquion y en la zona más superior forma parte del suelo del acetábulo. El isquion participa en la formación del suelo y la pared posterior del canal. La epífisis proximal del pubis configura la pared anterior del canal, en la rama proximal del mismo.

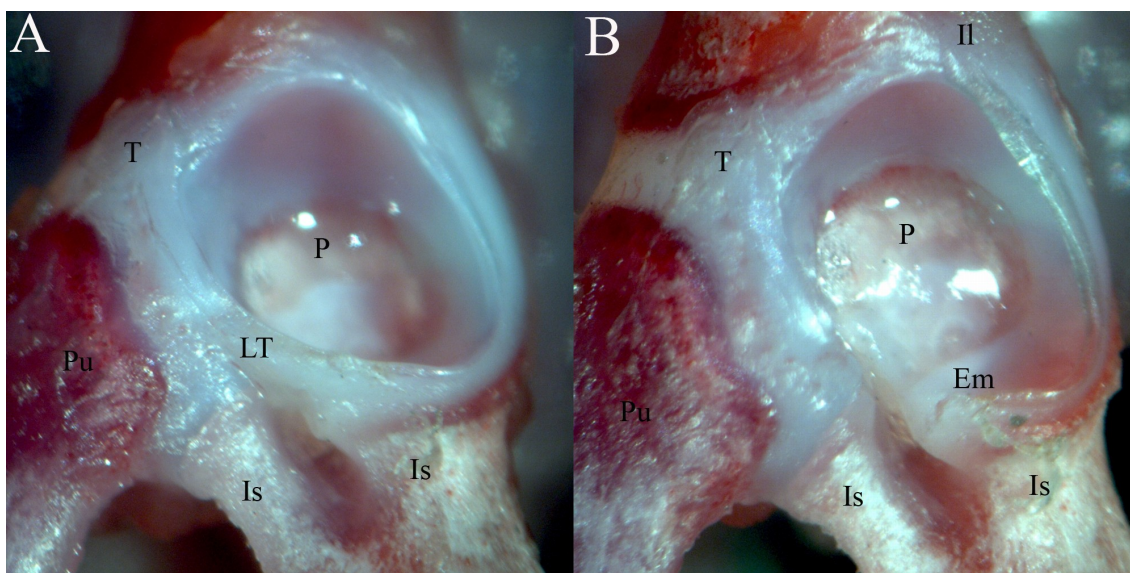


Fig. 31. Imagen macroscópica de canal isquio-púbico. A: Acetábulo de rata de 21 días. Se ha limpiado el orificio isquio-púbico. B: El mismo caso sin ligamento transverso (LT), apreciándose la estructura meniscoide (EM) como techo del ahora canal isquiopúbico. Il, ilion. Is, isquion. Pu, pubis. L, labrum. P, pulvinar. LT, ligamento transverso. T, cartílago trirrariado. Em, estructura meniscoide.

Componente condral. En la parte superior del canal, que conforma el suelo del acetábulo, se encuentran dos estructuras condrales. Una corresponde a la epífisis del isquion, que participa en formar la pared posterior de esta zona específica del canal, y la otra corresponde a la epífisis del pubis, que participa en forma la pared anterior del canal en esta zona proximal. La unión de estas estructuras condrales en el adulto son las

que dan lugar a la formación de la escotadura isquiopúbica.

Componente de tejido blando. El ligamento transverso en la zona anterior se bifurca en una rama que se continúa con el rodete y otra que se inserta en isquion y pubis. Por su ubicación, cierra la escotadura isquiopúbica y la transforma en el orificio isquiopúbico.

El techo del canal está constituido por un tejido fibroso con inserciones del ligamento redondo y del ligamento transverso, y una estructura fibrocartilaginosa, correspondiente al borde interno del isquion y que antes hemos denominado estructura meniscoide (EM) que será descrita más adelante. El tejido fibro-adiposo del pulvinar participa de forma parcial en el contenido del canal que también está ocupado por tejido fibroconjuntivo y adiposo, así como el paquete vasculonervioso procedente de la región obturatriz. También se encuentran inserciones parciales del ligamento redondo cubierto todo ello por un tejido graso y una membrana sinovial que ayuda a conservar las presiones negativas en la articulación coxo-femoral, como se aprecia en las disecciones *in vivo*; en éstas se comprueba como funciona como un mecanismo de válvula de modo que protuye con la presión positiva y se comprime con la negativa.

Estructura meniscoide (EM).

Cuando se observa el suelo del acetábulo, podemos apreciar la existencia de una estructura de aspecto nacarado que tiene forma semilunar (Fig. 32) y está situada sobre el reborde intra-articular del isquion en la faceta articular y es movable. Lo que más llama la atención es que esta estructura rodea o circunvala la superficie articular del isquion como un “alero”, que sobresale de forma amplia, participa en cubrir el techo del canal, y favorece la contención y deslizamiento de la cabeza femoral. Junto con el borde interno de las otras epífisis del ilion y pubis, que carecen de esta estructura, delimita el espacio virtual externo de la cavidad del trasfondo acetabular. Es un tejido que se diferencia claramente del tejido condral de la epífisis del isquion, aunque no hay solución de continuidad entre ellos; y al igual que en el caso del rodete acetabular, para aislarlo hay que seccionarlo. Esta estructura es móvil en los tres planos del espacio, lo

Resultados

cual podemos conseguir directamente mediante el empleo de un instrumento puntiagudo, como es con una aguja (Fig. 33-A y 33-B), o indirectamente por el efecto de la movilización del ligamento redondo que está íntimamente relacionado con esta estructura (Fig. 33-C y 33-D). La movilidad disminuye con la edad de modo que en el adulto desaparece.

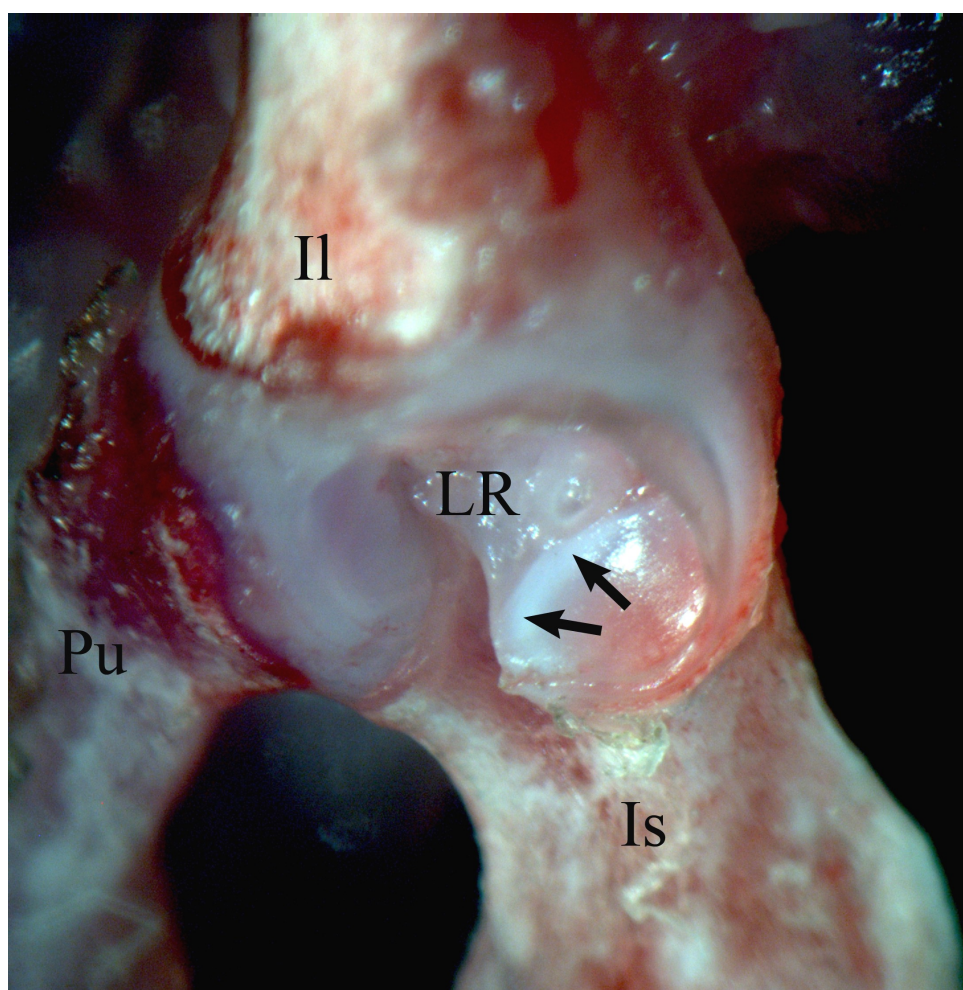


Fig. 32. Imagen macroscópica del acetábulo de la rata de 21 días desde una visión craneal. Se observa una estructura nacarada de forma semilunar (flechas) que se sitúa sobre la epífisis del isquion y que denominamos estructura meniscoide.

La denominación de esta estructura ha sido un tanto compleja. En un principio podría recordar un “labrum” intra-articular. La definición de “labrum” es aún discutida en la literatura por lo que rechazamos esta terminología. Además, las epífisis del ilion y

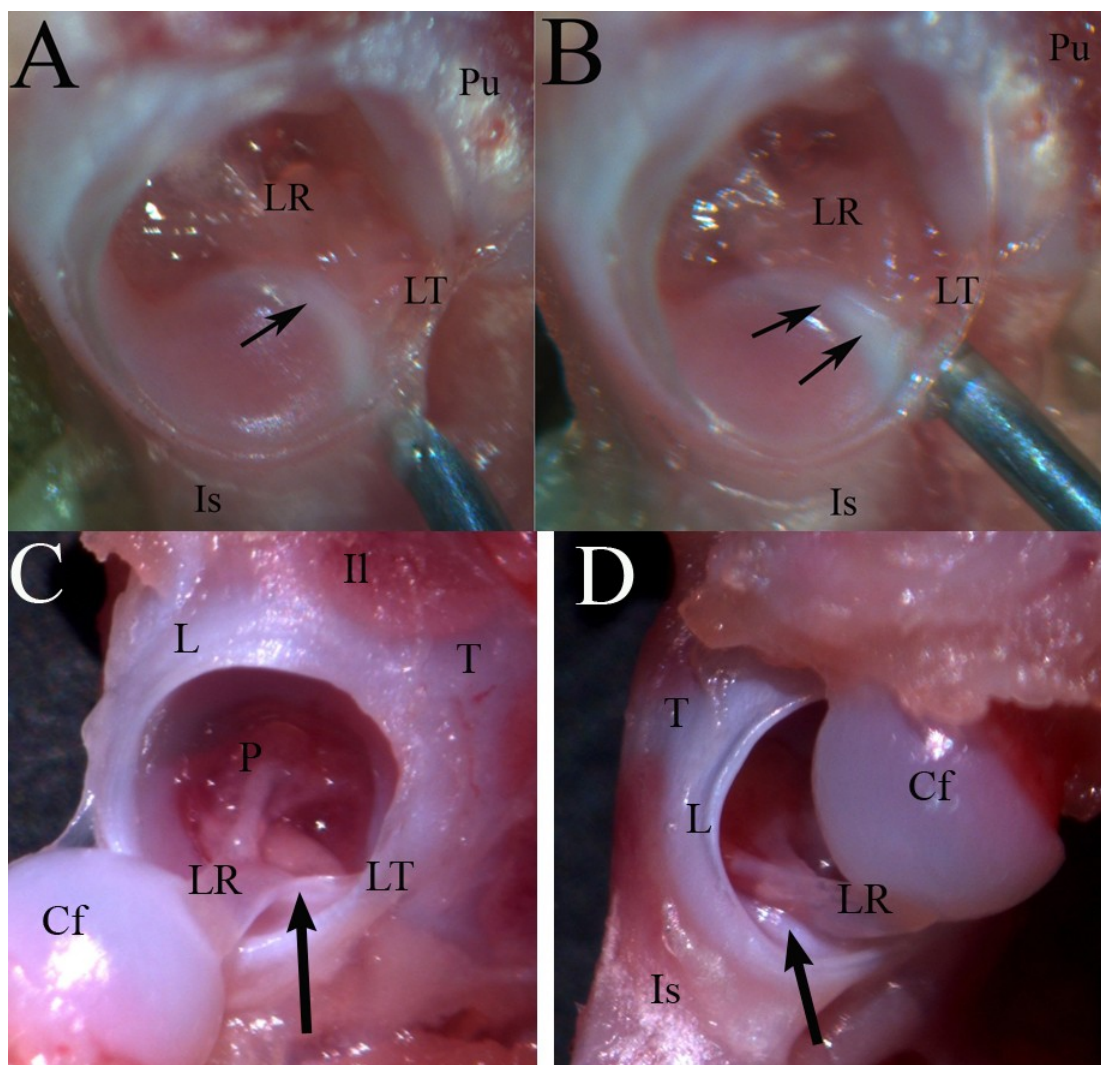


Fig. 33. Imagen macroscópica de la estructura meniscoide de la rata de 21 días. A-B: se observa como esta estructura se puede movilizar usando un objeto como una aguja. La flecha de la imagen A indica la posición de reposo. En la imagen B, se señala con dos flechas el levantamiento de la estructura por efecto de la aguja. C-D: se observa el efecto de movilización de la estructura meniscoide al mover el ligamento redondo (flecha).

del pubis carecen de una estructura similar en esta zona. La circunstancia por la que esta estructura amplía la superficie articular, se interpone entre distintas cavidades y “normaliza” irregularidades óseas (al modo de los meniscos de la rodilla con la

Resultados

concavidad de platillos tibiales), favorece la congruencia y el deslizamiento de la cabeza femoral en el suelo del acetábulo es por lo que sugerimos denominar a esta estructura como estructura meniscoide (Fig. 34).

La estructura meniscoide de la cadera es una estructura espacio-temporal, al igual que otras estructuras del cuerpo humano en desarrollo (como la placa de crecimiento) y se observa en un espacio determinado, en el presente caso en la cadera, y desaparece en la edad adulta.

La estructura meniscoide tiene forma triangular en su sección transversal y se identifican tres caras. A) una faceta craneal da a la luz articular, constituye parte del suelo del acetábulo, permitiendo el desplazamiento de la cabeza del fémur, tanto rotacional como de desplazamiento (Fig.35-A). B) otra cara caudal que forma parte del techo del canal isquiopúbico (Fig. 35-A). C) la base que sólo se puede observar tras disección con bisturí y que se continúa de forma imperceptible con el isquion.

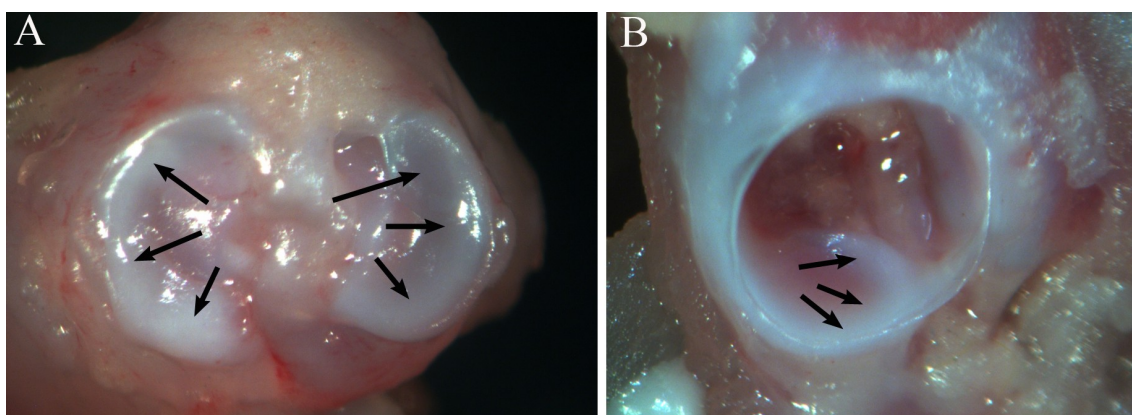


Fig. 34. Imagen macroscópica de la rodilla de la rata de 10 días (A), se señala con flechas los meniscos externo e interno. En la imagen B, se observa una visión desde craneal del suelo del acetábulo de una rata de 21 días y se señala con flechas una estructura semejante en aspecto que es la que hemos denominado estructura meniscoide.

La estructura meniscoide se relaciona con el ligamento redondo, con el ligamento transverso, con el pulvinar y con el canal.

El borde interno de las tres epífisis antes señaladas delimita la periferia de la

cavidad profunda del acetábulo, también denominada el trasfondo acetabular. La pared

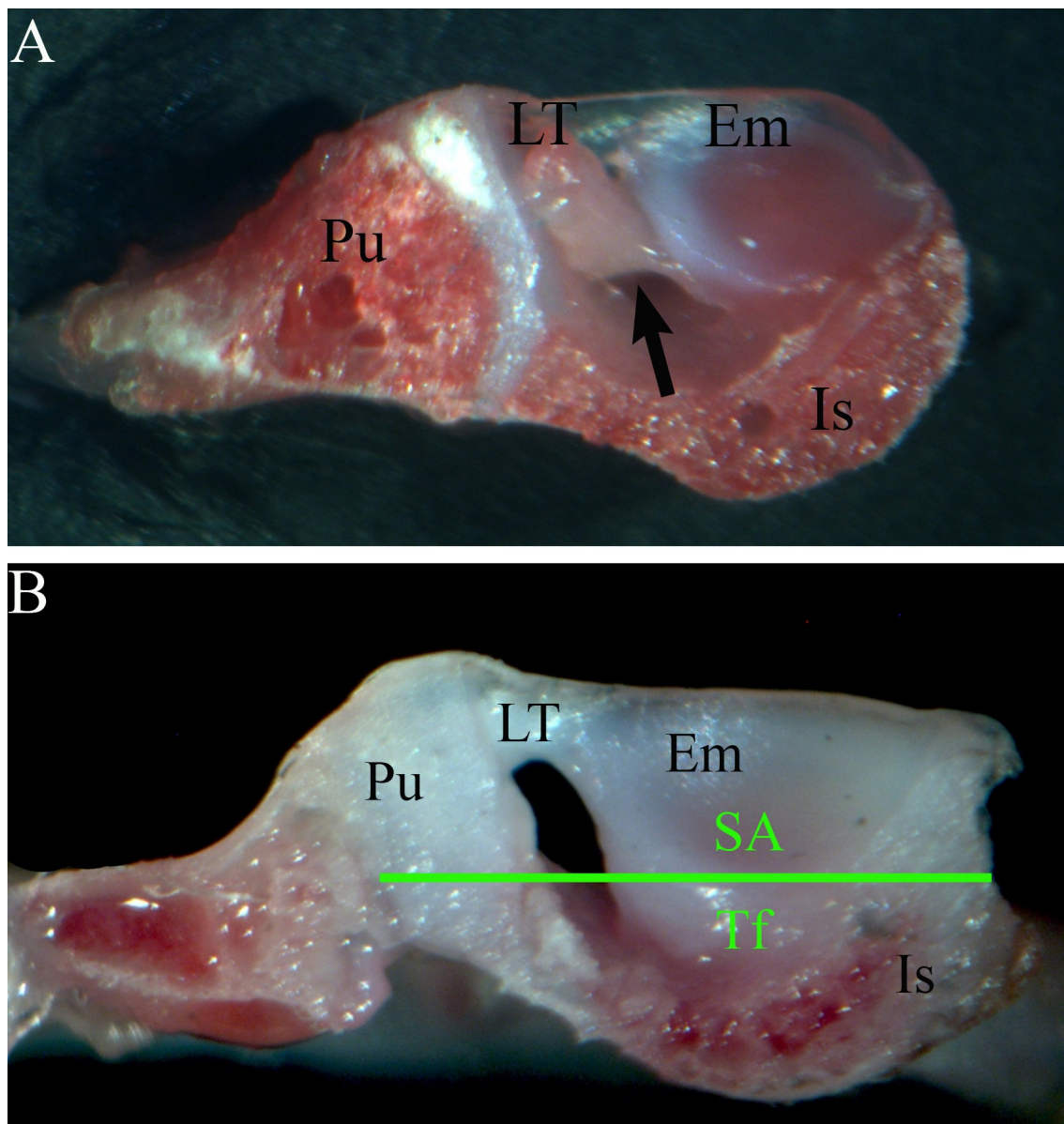


Fig. 35. Imagen del suelo del acetábulo tras corte coronal del mismo. A: se observa la estructura meniscoide (Em) que prolonga la superficie del isquion y hace de techo al canal isquio-púbiano (flecha). B: se observa como la estructura meniscoide (Em) delimita dos espacios (señalados con la línea verde), la superficie articular (SA) o articulación propiamente dicha y el trasfondo (Tf). LT, ligamento transverso. Is, isquion. Pu, pubis.

interna del trasfondo está formada por una de las corticales del isquion (Fig. 35-B) y la pared anterior está constituida por la estructura meniscoide y el ligamento redondo (Fig.

35-A y 35-B).

En los cortes coronales como en los cortes sagitales, se observa la existencia de dos espacios delimitados. Uno es el espacio articular (Fig. 35-B y 36-B), constituido por la superficie articular de las tres epífisis que confluyen para formar la cavidad articular, así como por la superficie ampliada del isquion gracias a la estructura meniscoide. El otro espacio articular, lo constituye el trasfondo (Fig. 35-B y 36-B) delimitado en su cara posterior por la cortical del isquion y en su cara anterior por la estructura meniscoide y el ligamento redondo.

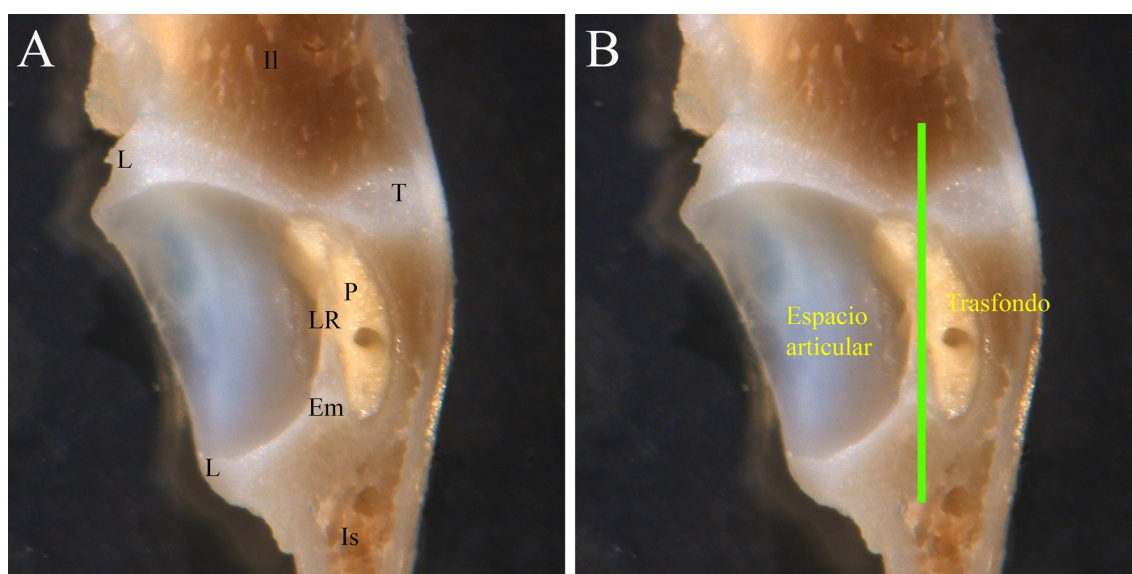


Fig. 36. Imagen macroscópica del acetábulo en el corte sagital. A, se señalan las diferentes estructuras que se observa. L, labrum. T, cartílago trirradiado. P, pulvinar. LR, ligamento redondo, Em, estructura meniscoide. Is, isquion. B: se señalan los dos espacios delimitados gracias a la estructura meniscoide y al ligamento redondo. La línea verde separa el espacio articular del trasfondo.

La estructura meniscoide se puede liberar con facilidad en las primeras semanas de vida de la rata mediante disección roma sobre la faceta del isquion. Finalmente se seccionan con tijera las fibras de inserción del ligamento redondo y el repliegue membranoso, con la sinovial, en la fosa acetabular. Al disecar la estructura meniscoide, se aprecia como del borde infero-anterior de la estructura meniscoide parten unas fibras que se insertan, en el trayecto del isquion dentro del canal, sobre el borde anterior de la

Resultados

faceta del isquion. Se obtiene el ligamento transverso con la estructura meniscoide y las

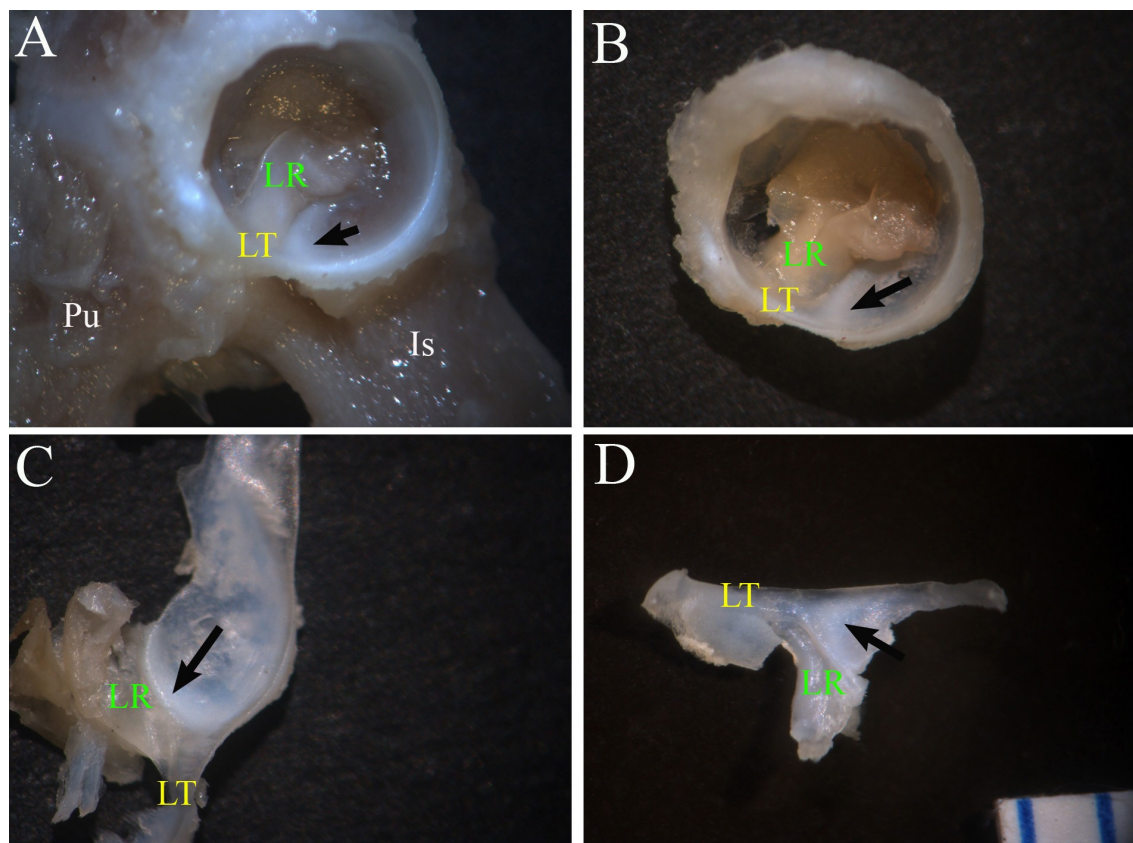


Fig. 37. Imagen macroscópica de la disección de la estructura meniscoide de la rata. A: imagen del acetábulo en donde se observa la estructura meniscoide (flecha) y su relación con el ligamento transverso (LT) y el ligamento redondo (LR). B: disección de toda la superficie articular del acetábulo, se señala la estructura meniscoide (flecha). C: se ha extendido la zona de la estructura meniscoide y se aprecia la continuidad con el ligamento transverso (LT). D: imagen de la encrucijada entre las tres estructuras, el ligamento redondo (LR), el ligamento transverso (LT) y la estructura meniscoide (flecha).(escala en mm.)

inserciones del ligamento redondo por una lado, y por otro las zonas de intersección de las inserciones del ligamento transverso con el rodete cotiloideo (Fig. 37). De este modo, podemos observar como existe una continuidad entre el labrum y el ligamento transverso por un lado, entre la estructura meniscoide y la superficie articular y, por último, entre estructura meniscoide y ligamento transverso. Queda por señalar la relación espacial entre el ligamento redondo, la estructura meniscoide y el ligamento transverso que constituyen una encrucijada en los tres ejes del espacio. En el estudio

Resultados

histológico del acetábulo (corte coronal), se ponen de manifiesto las características que hemos señalado en esta estructura meniscoide. Por una parte, aumenta la superficie articular del isquion y, junto al labrum del isquion, da un aspecto característico a la articulación isquiática y que hemos definido como “en forma de copa” (Fig.38). Se puede observar como la estructura meniscoide forma parte de la pared anterior del trasfondo. Se puede observar como el ligamento redondo está adherido a la cara posterior de la estructura meniscoide y sus fibras se dirigen hacia el pubis.

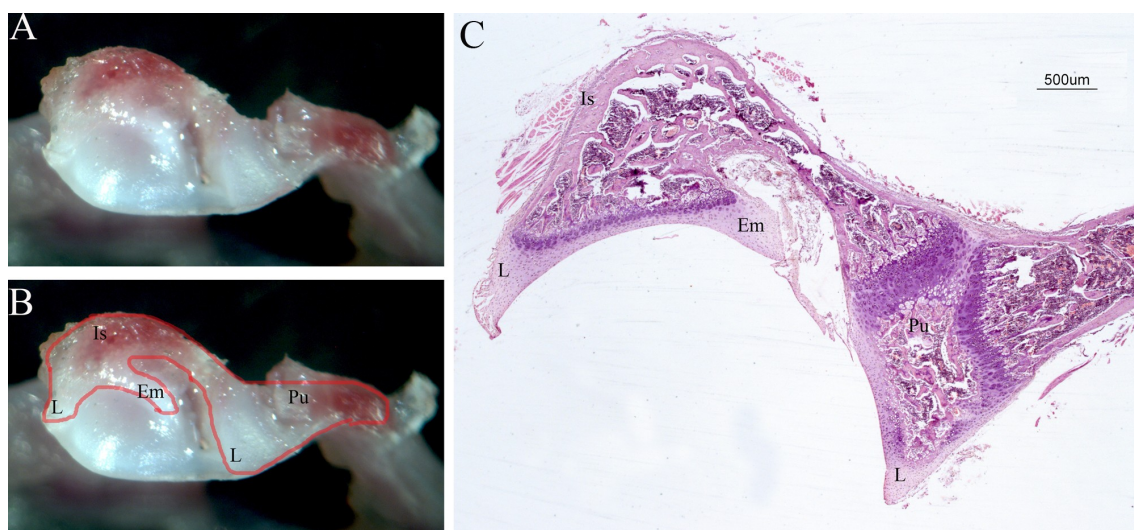


Fig. 38. Imagen macroscópica del corte coronal del acetábulo y su correspondencia con la histología. A, imagen del acetábulo de la rata tras sección coronal y desde una visión craneal. B, la misma imagen en donde se ha dibujado el contorno de la superficie del corte, se observa la estructura meniscoide ampliando la superficie del isquion y colaborando en el techo del canal. C, histofotomicrografía de un corte de acetábulo. Corte transversal. Is, isquion. L, labrum. Em, estructura meniscoide. Pu, pubis.

En las disecciones del suelo del acetábulo en distintos periodos de edad de la rata desde recién nacida hasta adulta, se observa que en esta estructura meniscoide predomina el tejido fibroconjuntivo en las fases iniciales del desarrollo, y a medida que crece aumenta el tejido fibrocartilaginoso, así el componente condral predomina en las zonas que dan a la luz articular. En la rata de cuatro días, ya se objetiva como la estructura meniscoide prolonga la superficie del isquion, ayuda a la adaptación de la

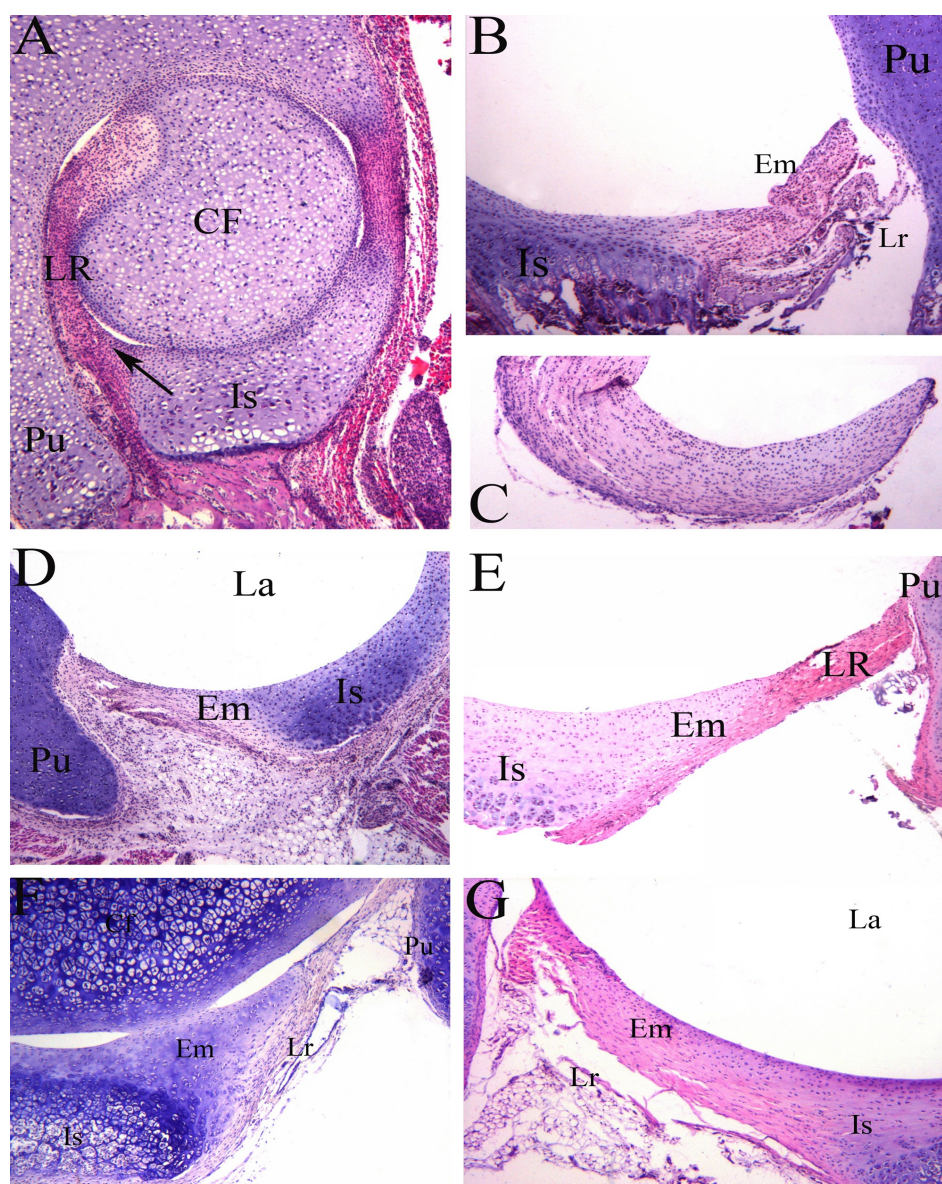


Fig. 39. Histofotomicrografía de un corte de acetábulo de rata. Corte coronal. Detalle de la estructura meniscoide en diferentes periodos de la rata. A, rata de 4 días, se señala con una flecha la estructura meniscoide (Em) en íntima relación con el ligamento redondo (LR). B, rata de 9 días. La estructura meniscoide prolonga la superficie del isquion (Is) hacia el pubis (Pu). C, imagen de la estructura meniscoide aislada de rata de 9 días con su aspecto fibroconjuntivo. D, rata de 11 días, se observa como la estructura meniscoide delimita el suelo del acetábulo dejando en la zona superior de la imagen a la luz articular (La) y el canal isquio-pubiano por debajo. E, rata de 18 días, la estructura meniscoide se prolonga gracias a la colaboración del ligamento redondo (LR). F, rata de 21 días, se observa como la estructura meniscoide ayuda a la adaptación de la cabeza femoral con el isquion. G, rata de 21 días, se observa la relación íntima entre estructura meniscoide y el ligamento redondo (Lr), así como aquella prolonga la superficie del isquion. (HE, 4x)

Resultados

cabeza femoral a la superficie articular isquiática y está en contigüidad con el ligamento redondo (Fig. 39-A). En la rata de nueve días, vemos a más detalle la relación entre el ligamento redondo y la estructura meniscoide, y entre éstos y el pubis (Fig. 39-B). En este periodo es posible independizar la estructura meniscoide que ofrece un aspecto de fibrocartílago muy parecido a un menisco (Fig. 39-C). En la rata de 11 días, podemos comprobar como la estructura meniscoide constituye un límite entre el espacio articular y el canal isquio-pubiano (Fig. 39-D). En la rata de 18 días, observamos la íntima relación entre la estructura meniscoide y el ligamento redondo (Fig. 39-E). En la imagen de la rata de 21 días (Fig. 39-F y 39-G), se observa el papel que juega la estructura meniscoide en la adaptación de la cabeza al isquion y como se observa la zona con predominio de células condrales en la cercanía de la luz articular, mientras que la zona profunda presenta predominio de tejido fibroso.

Cuando se realiza un corte secante a la superficie articular del isquion, se puede observar como hay dos zonas muy evidentes de tejido. En la zona central de la superficie articular hay tejido condral con una disposición celular ordenado, y en la periferia se sitúa la estructura meniscoide que está constituida por tejido fibrocartilaginoso (Fig. 40).

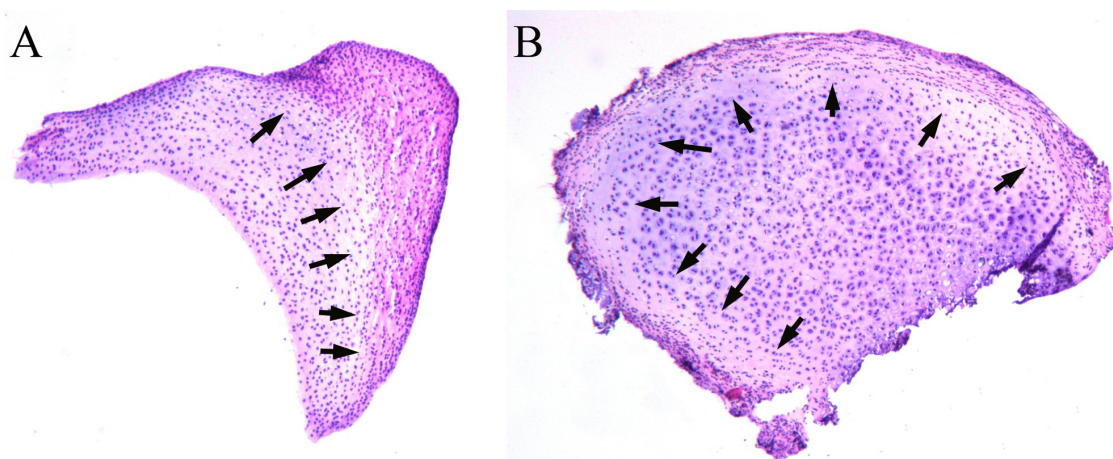


Fig. 40. Histofotomicrografía de un corte de la estructura meniscoide en una rata de 9 días. Corte secante a la superficie. Se observa como existe una zona central de tejido condral y una periférica que corresponde a la estructura meniscoide. Las flechas señalan la zona de transición de ambas zonas. (HE, 4x)

Resultados

En los cortes histológicos teñidos con rojo Sirio, se puede observar como la estructura meniscoide presenta tejido fibroso formado por colágeno, y que está en íntima relación con el tejido del ligamento redondo que presenta mucho más tejido colágeno (Fig. 41 y 42).

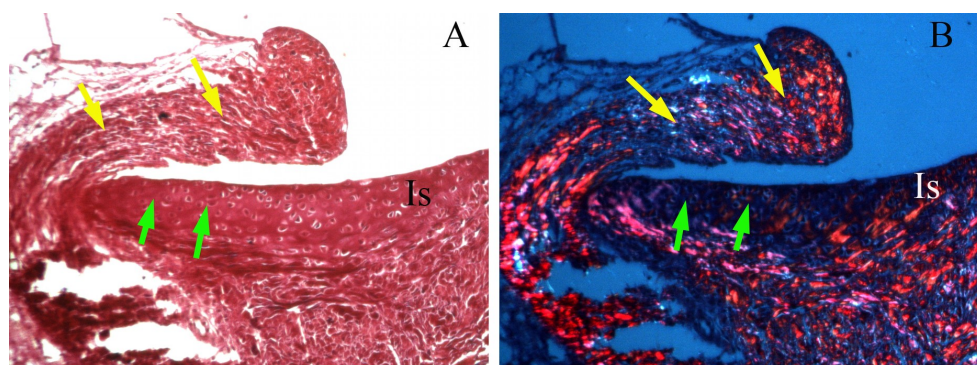


Fig. 41. Histofotomicrografía de un corte de acetábulo. Corte coronal. Detalle de la estructura meniscoide en una rata de 9 días. A, tinción con Picrosirio, vista con microscopio de luz normal. Se observa la prolongación del isquion (Is) por la estructura meniscoide (flechas verdes) que está colindante con el ligamento redondo (flechas amarillas). B, misma imagen con luz polarizada, se observa birrefringencia en el ligamento redondo (flechas amarillas) y en menor intensidad en la estructura meniscoide (flechas verdes). (rojo Sirio, 4x)

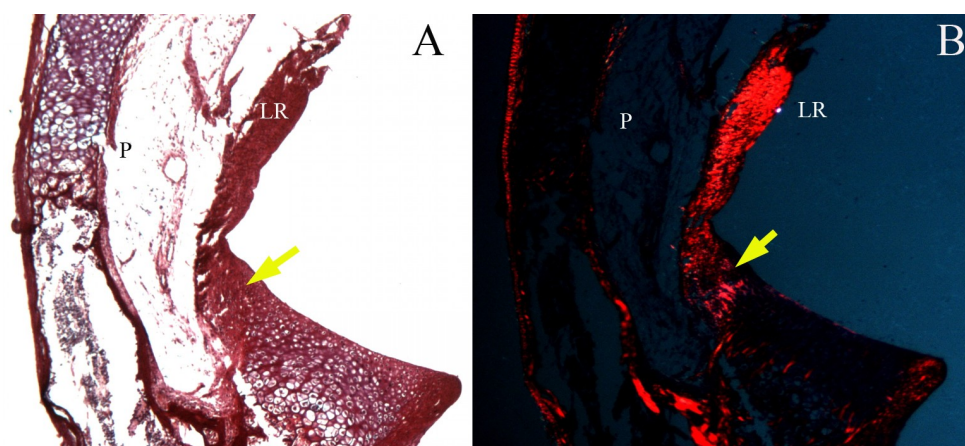


Fig. 42. Histofotomicrografía de un corte del acetábulo de rata. Corte coronal. Detalle de la estructura meniscoide en una rata de 11 días. A, tinción con picrosirio, visto con luz normal, se observa un corte del isquion con la estructura meniscoide (flechas amarilla) prolongando su superficie. B, misma imagen con luz polarizada, en donde se tiñen las fibras de colágeno. Se observa imagen de birrefringencia en ligamento redondo y estructura meniscoide (flecha amarilla). P, pulvinar. LR, ligamento redondo. (rojo Sirio, 4x)

Resultados

Se puede observar que la distribución de las fibras de colágeno son diferentes en la estructura meniscoide, respecto del isquion y del ligamento redondo. En éste, las fibras son más abundantes que en la estructura meniscoide, mientras que en el isquion presentan la disposición del cartílago articular, mientras que la disposición de las fibras en la estructura meniscoide recuerda a la distribución de fibras del menisco (Fig. 43).

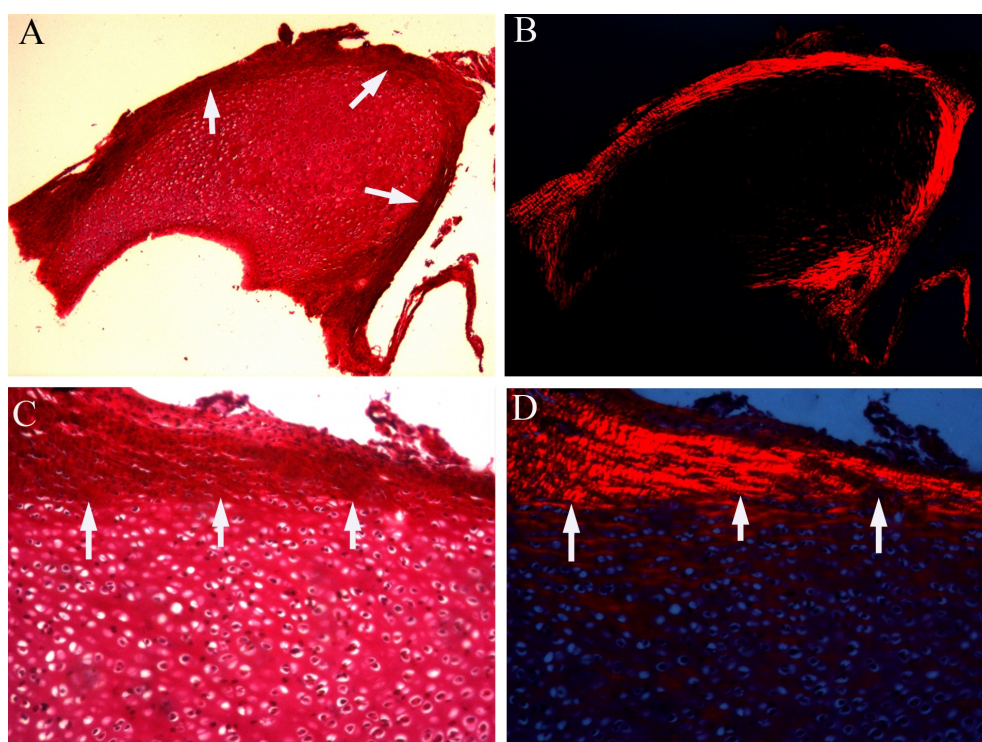


Fig. 43 Histofotomicrografía de un corte de la estructura meniscoide en una rata de 9 días. A, corte paralelo a la superficie articular del isquion, se señala con flechas la situación de la estructura meniscoide (4x). B, misma imagen con luz polarizada mostrando el predominio de fibras de colágeno en la periferia que representa la estructura meniscoide (4x). C, detalle a 10x de la zona de transición (flechas blancas) entre cartilago articular y fibrocartilago de la estructura meniscoide. D, misma imagen con luz polarizada. (rojo Sirio)

En la rata de un mes (Fig. 44), la estructura meniscoide aumenta de manera importante la superficie articular del isquion, se puede comprobar como forma parte del techo del canal, y como se localizan las fibras del ligamento redondo adyacente a la

estructura meniscoide.

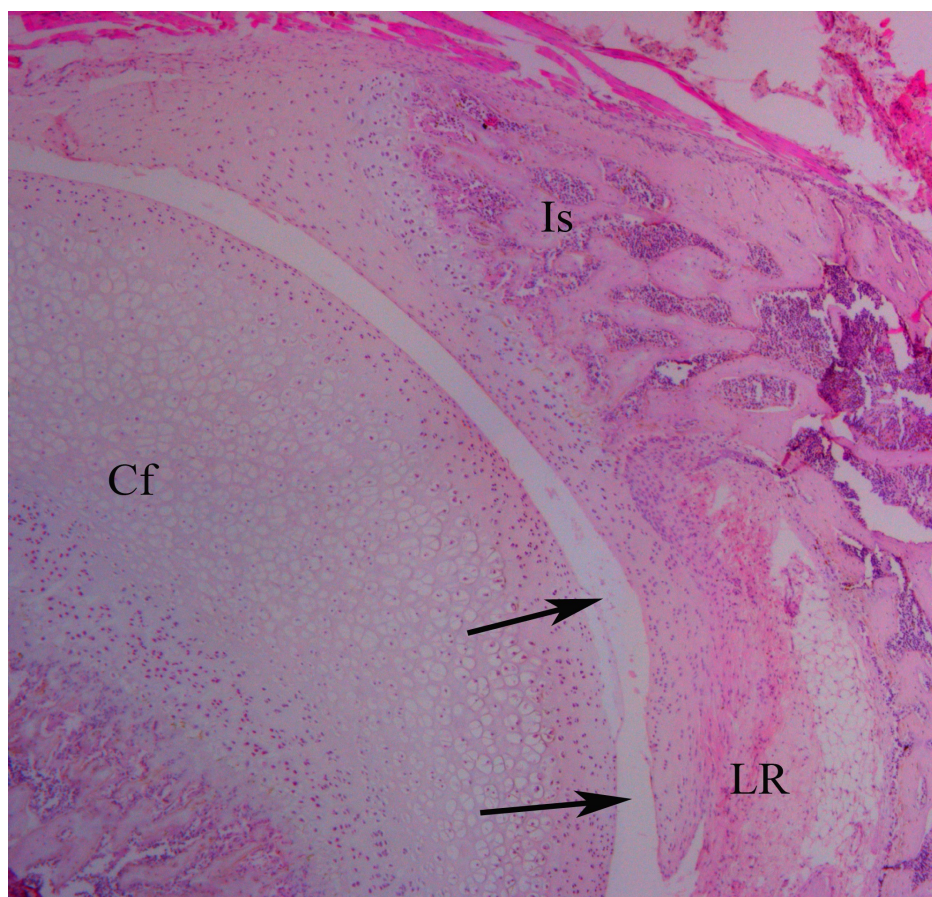


Fig. 44. Histofotomicrografía de un corte del acetábulo de rata. Corte coronal. Detalle de la estructura meniscoide en una rata de un mes. Se observa como prolonga al isquion para adaptarse a la cabeza femoral. Adyacente se sitúa el ligamento redondo. (HE, 2x)

Movilización de los distintos componentes intra-acetabulares descritos de la cadera en rata de 15 días en función o relación con la movilidad de la cadera:

- Cadera en flexión mayor de 90° y rotación, forzada, externa del fémur, se evierte el labrum en la zona del ligamento transversal y se levanta la estructura meniscoide por su zona medial (Fig. 45-A).

Resultados

- Cadera neutra a 90° y rotación externa forzada del fémur, se evierte labrum y ligamento transverso.
- Cadera neutra más adducción del fémur: Se tensa el fascículo posterior del ligamento redondo(Fig. 45-E)..
- En la adducción más rotación interna, se inicia el levantamiento de la zona medial de la estructura meniscoide (Fig. 45-F).
- En la adducción y rotación externa, se inicia levantamiento de la estructura meniscoide.
- En adducción más rotación interna más hiperextensión del ligamento redondo en sentido craneal, se observa tendencia a evertir el ligamento transverso.

Movilizaciones del ligamento redondo y su efecto:

- Tracción anterior del ligamento redondo: Se eleva la estructura meniscoide y se tensan el fascículo medio y posterior y se relaja el fascículo anterior (Fig. 45-D).

Tracción posterior del ligamento redondo: Se evierte el labrum y se tensa el fascículo anterior. Si se aumenta la fuerza de tracción se tensa el fascículo medio (inserción en la estructura meniscoide).

- Tracción del ligamento redondo en sentido craneal (hacia el ilion): se tensa el fascículo medio y el fascículo posterior, y se eleva la estructura meniscoide. No se tensa el fascículo anterior.

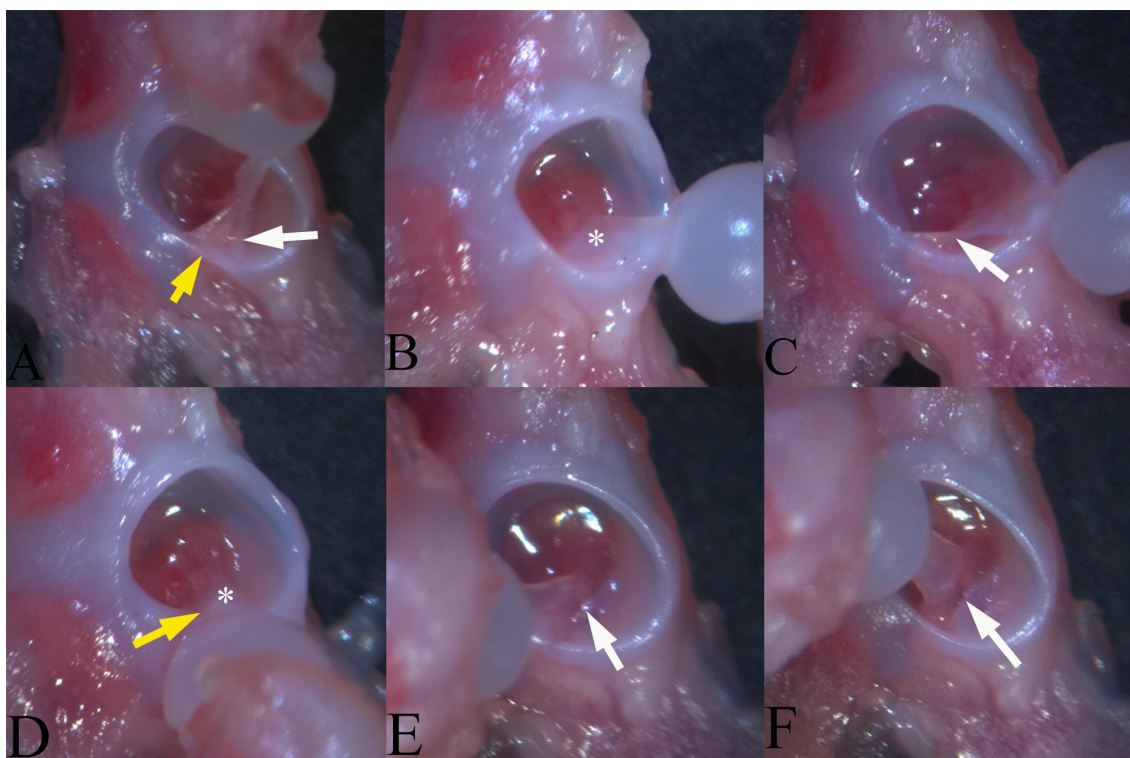


Fig. 45. Imagen macroscópica del comportamiento de las estructuras del suelo del acetábulo en las movilizaciones del ligamento redondo. A, flexión de 90° con rotación externa con eversión del labrum (flecha amarilla) y elevación de la estructura meniscoide (flecha blanca). B, abducción y rotación externa, elevación de la estructura meniscoide (se señala con asterisco porque el ligamento redondo no deja ver la elevación). C, abducción, con elevación de la estructura meniscoide (flecha blanca). D, extensión, eversión del ligamento transverso (flecha amarilla) y elevación de la estructura meniscoide (se señala con asterisco porque el ligamento redondo no deja ver la elevación). E, aducción, produce elevación de la estructura meniscoide (flecha blanca). F, adducción y rotación interna, produce elevación de la estructura meniscoide (flecha blanca).

Cartílago trirradiado.

El cartílago trirradiado de la rata es una estructura muy predominante en el nacimiento y poco a poco, a medida que crece el animal, reduce su volumen a expensas del crecimiento óseo del acetábulo (Fig. 19 y 20). Este cartílago está oculto tras el cartílago articular y en la visión anterior del acetábulo sólo observamos la zona más periférica de la rama ilio-púbica (en la zona anterior del acetábulo) y de la rama isquio-

Resultados

pubiana (en la zona inferior del acetábulo). En la visión posterior de la hemipelvis, el cartílago trirradiado adquiere un aspecto de T.

5.1.2. Estudio macroscópico de la rana adulta.

Reino: *Animalia*. División: *Chordata*. Clase: *Amphibia*. Orden: *Anura*. Familia: *Ranidae*. Género: *Rana*.

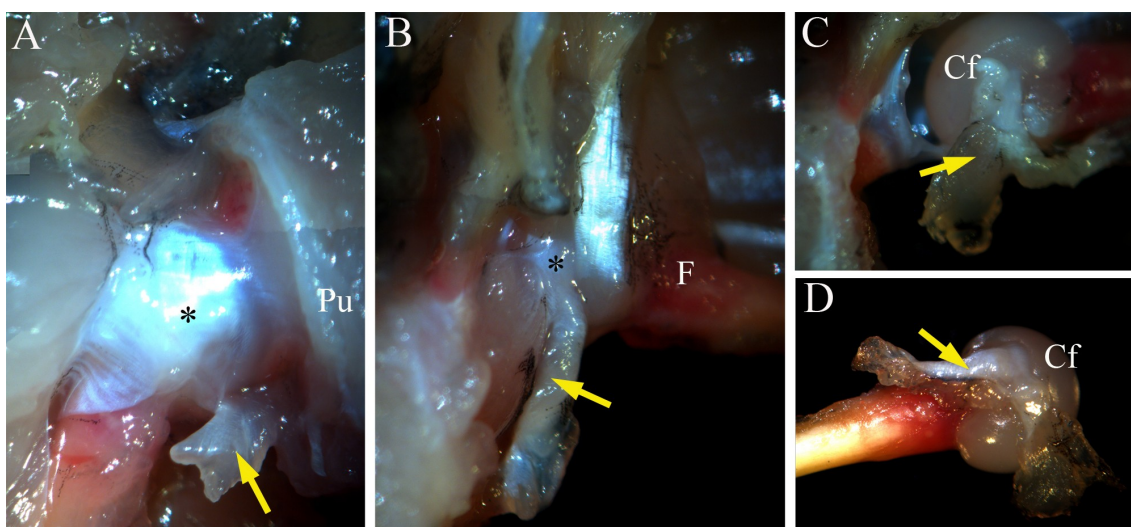


Fig. 46. Imagen macroscópica de la musculatura circundante del acetábulo de la rana. A: cara anterior de la articulación (*). En la zona inferior (flecha amarilla) se observan fibras del músculo obturador interno que se dirigen desde anterior a la zona posterior de la articulación. B: cara posterior de la articulación (*) y el músculo obturador interno que viene desde anterior (flecha amarilla). C: inserción femoral del músculo (flecha amarilla), unido a fibras del ligamento posterior. D: imagen de la cabeza femoral con sus dos inserciones musculares (flecha amarilla). Cf, cabeza femoral. Pu, pubis.

La estructura cartilaginosa de la rana no permite hacer ninguna valoración radiográfica del acetábulo. Al realizar la disección de la musculatura se observa que hay un músculo (m. obturador interno) situado en la zona ventral de la pelvis sobre la zona cartilaginosa que corresponde a la zona de separación entre pubis e isquion que se dirige a la parte inferior del acetábulo (Fig. 46-A), lo rodea ya como tendón (Fig. 46-B) y se dirige a la articulación para insertarse en la cabeza femoral. Esta inserción no es única sino que es doble, ya que otro músculo situado en la zona posterior de la pelvis sobre el isquion se dirige directamente a la cabeza femoral y se inserta con el tendón que antes hemos mencionado (Fig. 46-C y 46-D). Estas dos estructuras actuarían como un

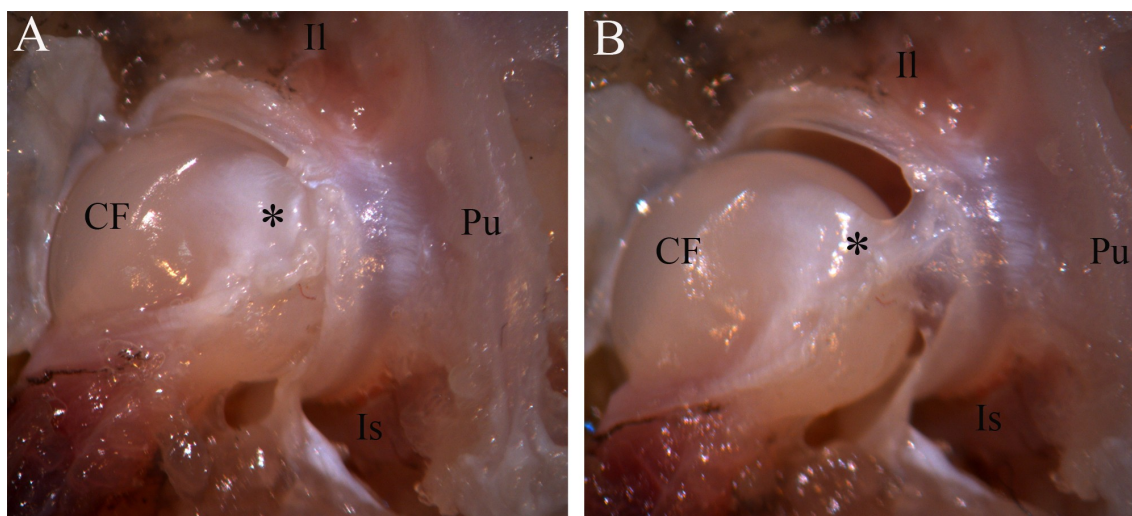


Fig. 47. Imagen macroscópica del acetábulo de la rana. A: se observa la estructura ligamentosa anterior () que presenta fibras que conectan con el pubis (Pu) y el isquion (Is). B: en la imagen se observa como sirve de contención de la articulación. CF, cabeza femoral.*

ligamento intra-articular. Ahora bien en la cara ventral de la articulación también se observa una estructura ligamentosa que fija la cabeza femoral a la zona ventro-distal del acetábulo, en una zona que correspondería a las cinco en el huso horario (Fig. 47-A y 47-B). La articulación está cubierta por una cápsula articular translúcida que está tapizada de varios refuerzos ligamentosos. Cuando se tracciona del fémur se aprecia como hay un fenómeno de succión de la cabeza con la articulación. El acetábulo de la rana tiene una forma ovalada con un eje vertical más grande de 4,75 mm frente al eje transversal menor y que mide 3,80 mm. De este modo el área del acetábulo es de 13,20 mm². Está rodeado de un rodete o labrum de 0,5 mm anchura que no presenta deformaciones o irregularidades y que puede ser individualizado (Fig. 48-B). El acetábulo tiene un aspecto translúcido y deja ver las estructuras óseas bajo el cartílago (Fig. 48-A). En la zona superior se aprecia por transparencia el hueso iliaco que ocupa más de la mitad de la superficie articular (Fig. 48-A).

En la zona más distal y dorsal se aprecia una superficie ósea que corresponde al isquion. De este modo la zona ventro-distal del fondo acetabular es translúcida y

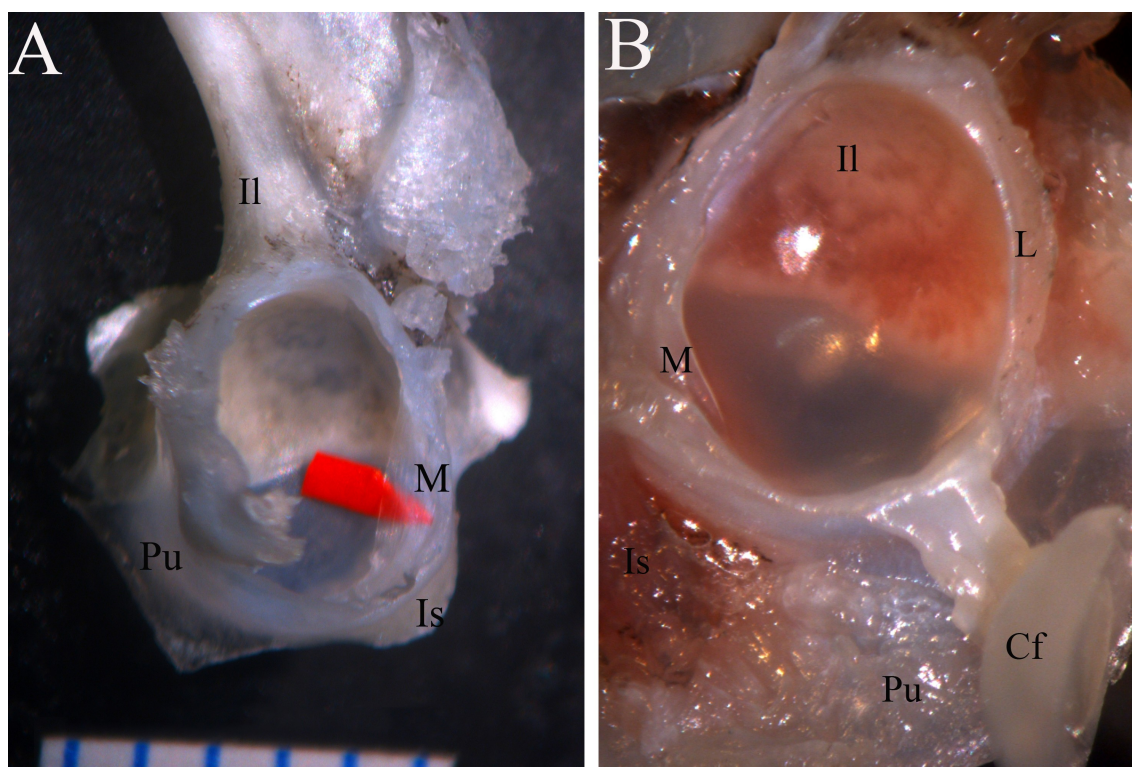


Fig. 48. Imagen macroscópica del acetábulo de la rana. A: visión lateral, imagen del acetábulo en donde se aprecia el menisco (M) situado sobre el isquion(Is). B: visión lateral, imagen del acetábulo en donde se aprecia el menisco y su relación con el ligamento anterior que se une a la cabeza femoral (Cf). Il, ilion. Pu, pubis. L, labrum.

corresponde al pubis. No se observan irregularidades en la superficie articular que forme un trasfondo, tampoco hay una estructura semejante al pulvinar. Tampoco se objetiva ningún orificio o canal que una la articulación con el exterior. Dentro del acetábulo se observa un menisco translúcido que se sitúa en la zona isquiática del acetábulo (Fig. 48-A y 48-B). Esta estructura puede ser perfectamente individualizada de la superficie articular y que deja ver la estructura ósea del isquion. Su anchura es de 0,95 mm. Cuando traccionamos de la estructura ligamentosa unida entre la cabeza femoral y el labrum hay un ligero movimiento del menisco (Fig. 48-B).

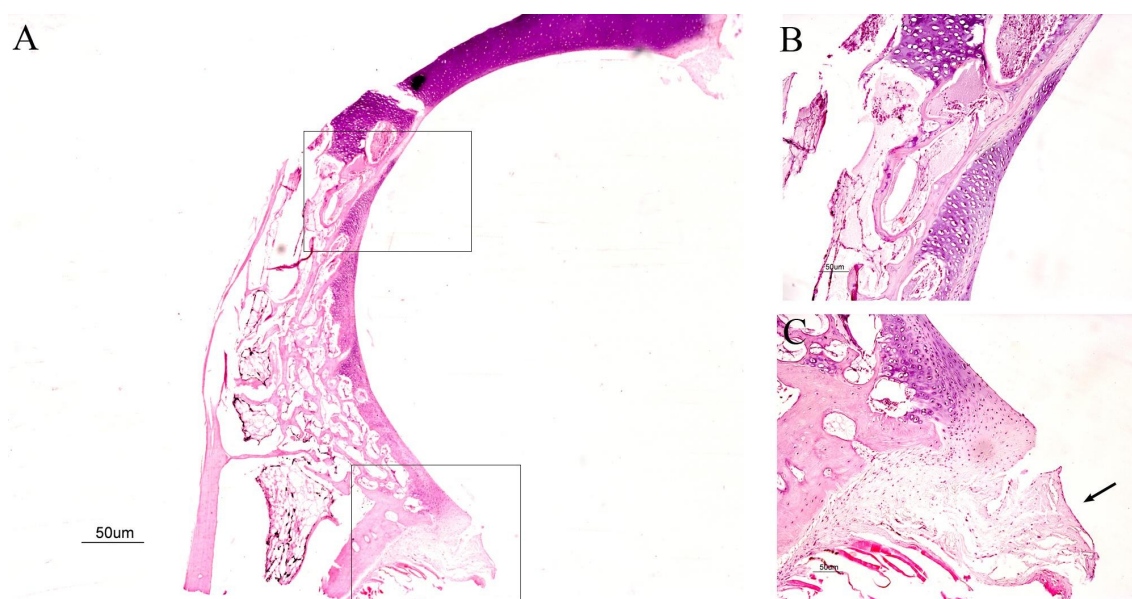


Fig. 49. Histofotomicrografía de un corte del acetábulo de la rana. A, corte sagital del acetábulo de la rana (HE, 2x). B, detalle del fondo acetabular (HE, 10x). C, detalle del suelo del acetábulo, isquion, en donde se observa el menisco replegado por efecto del tratamiento histológico, flecha (HE, 10x).

La cabeza femoral de la rana es esférica y situada en el extremo distal del fémur en línea con su eje mayor, y no apreciamos trocánteres, ni un cuello femoral (Fig. 51-A).

La histología del acetábulo nos muestra zonas de cartílago tapizando el hueso en la zona del ilion y del pubis, mientras que hay zonas de cartílago en todo el espesor que corresponden al pubis. El menisco puede ser individualizado y se observa su estructura fibrocartilaginosa (Fig. 49 y 50).

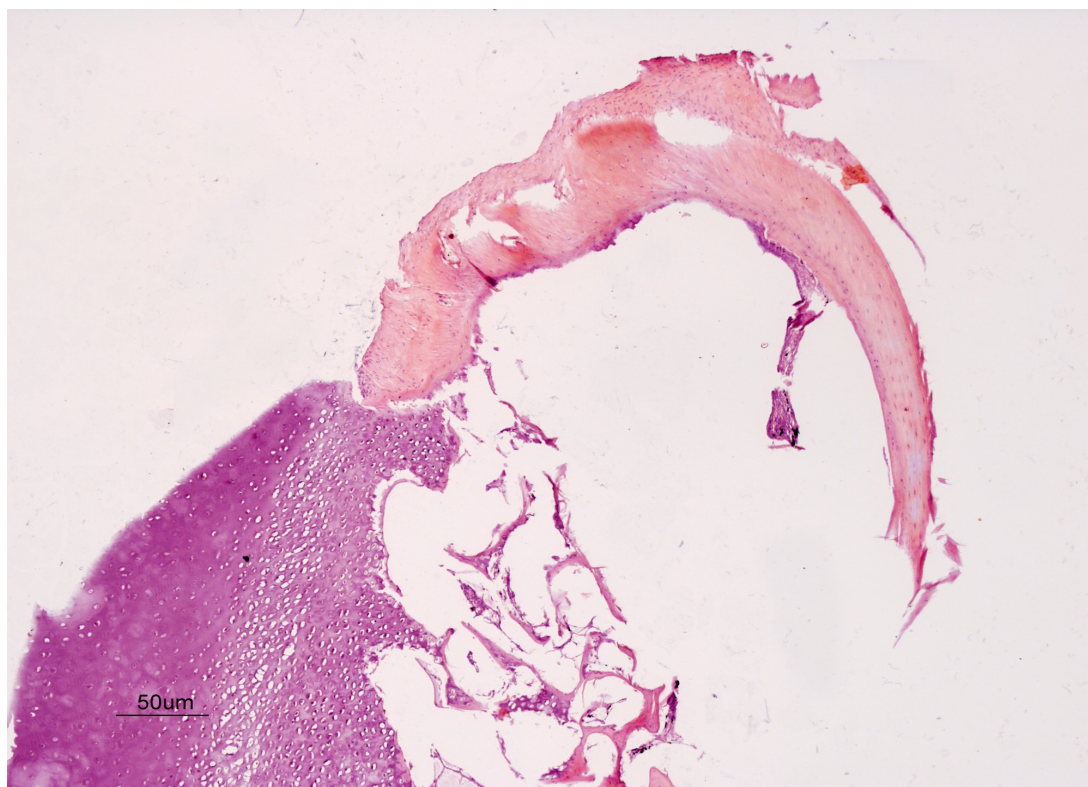


Fig. 50. Histofotomicrografía de un corte del acetábulo de la rana. Corte sagital. Detalle del menisco de la rana (HE, 4x).

Cuando empleamos la tinción con rojo Sirio, podemos apreciar varias detalles interesantes tanto en el acetábulo como en la cabeza femoral. Así, observamos la estructura colágena de la superficies articulares tanto del acetábulo como de la cabeza. Llama la atención que en la cabeza femoral hay una estructura interna que asemeja a una diáfisis que está introducida dentro de la propia cabeza y en donde observamos como hay un predominio de colágeno en sus paredes. También podemos observar la presencia de un menisco que se ha reducido por efecto del tratamiento histológico pero que recuerda a la forma típica triangular del menisco de la rodilla cuando se realiza un corte perpendicular a la superficie articular del isquion (Fig. 51 y 52).

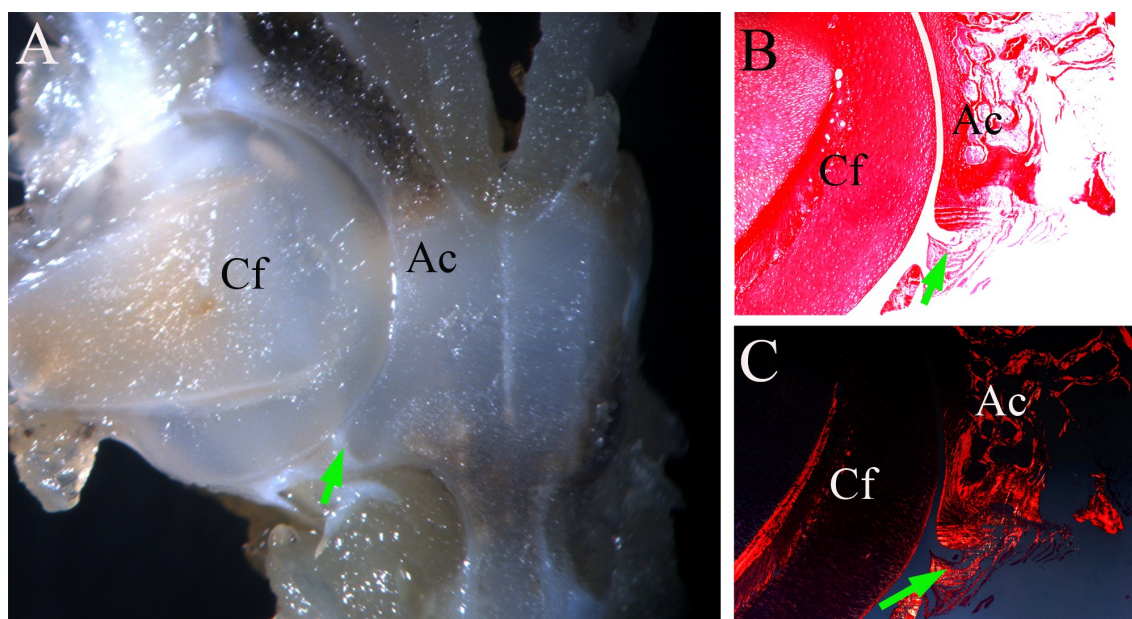


Fig. 51. Acetábulo de la rana. A, imagen macroscópica de la articulación, corte coronal, se observa el predominio de cartilago tanto en acetábulo (Ac) como en la Cabeza femoral (Cf). B, histofotomicrografía de la articulación, tinción con Picrosirio con luz normal, donde se observa la localización del menisco (flecha verde) algo retraído. C, misma imagen con luz polarizada, mostrando el predominio de colágeno en la zona del menisco (rojo Sirio, 4x)

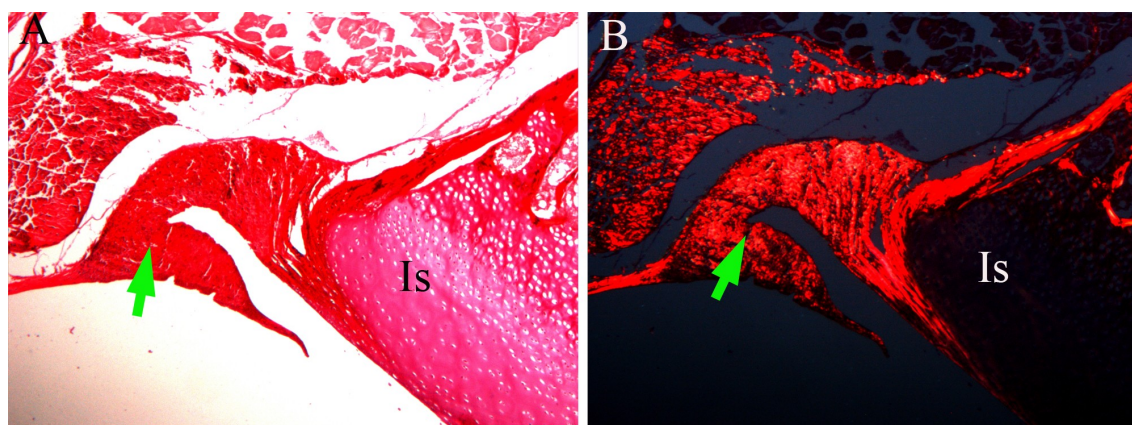


Fig. 52. Histofotomicrografía de un corte del menisco de la rana. Corte coronal. A, tinción con Picrosirio con luz normal, imagen del menisco con forma triangular. B, misma imagen con luz polarizada, mostrando la abundancia de colágeno (rojo Sirio, 10x).

5.1.3. Estudio macroscópico del sapo adulto (un año).

Reino: *Animalia*. División: *Chordata*. Clase: *Amphibia*. Orden: *Anura*. Familia: *Bufonidae*. Género: *Bufo*.

La imagen radiográfica del sapo es muy particular. La forma de la pelvis se asemeja a una U mayúscula, de modo que los brazos corresponden al ilion y están unidos a un hueso central que corresponde a la fusión de las vértebras sacras y que se conoce como urostilo. De esta forma la porción final de la columna con la pelvis mostraría un aspecto de tridente de gran consistencia (Fig. 53).



Fig. 53. A: Imagen macroscópica de la pelvis del sapo. Se observa el ilion (Il) alargado y el pubis (Pu) en forma de quilla. B: imagen radiográfica del sapo. F: fémur. (escala en mm)

En la zona caudal de la pelvis se sitúa el acetábulo que parece poco profundo como indican el índice acetabular ($\text{InAc} = 25$), el índice de extrusión acetabular ($\text{InExAc} = 53$) y el ángulo de inclinación acetabular ($\text{AInAc} = 72^\circ$); la zona más distal que corresponde al pubis (Fig.54).

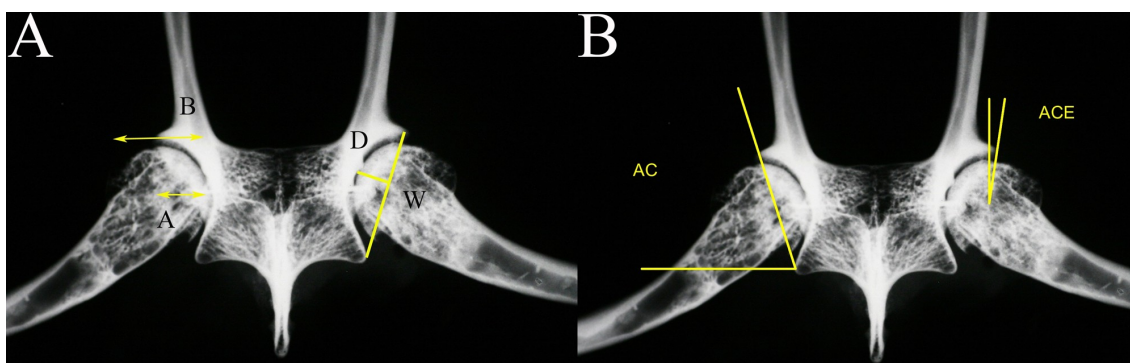


Fig. 54. Imagen radiográfica en proyección antero-posterior de la articulación coxo-femoral del sapo. A: se indica las medidas para los ángulos acetabulares. Índice de Extrusión Acetabular ($InExAC = A/B \times 100$) e Índice Acetabular ($InAc = D/W \times 100$). B: se muestra el ángulo de inclinación (AC) acetabular y el ángulo centro-borde (ACE).

Al disecar la cara ventral de la pelvis, se observan los diferentes planos musculares. En la superficie se aprecia un plano muscular formado, de craneal a caudal, por el músculo *triceps femoris*, el *sartorius*, el *adductor magnus*, el *gracilis mayor* y, en una posición más caudal, el *gracilis minor*.

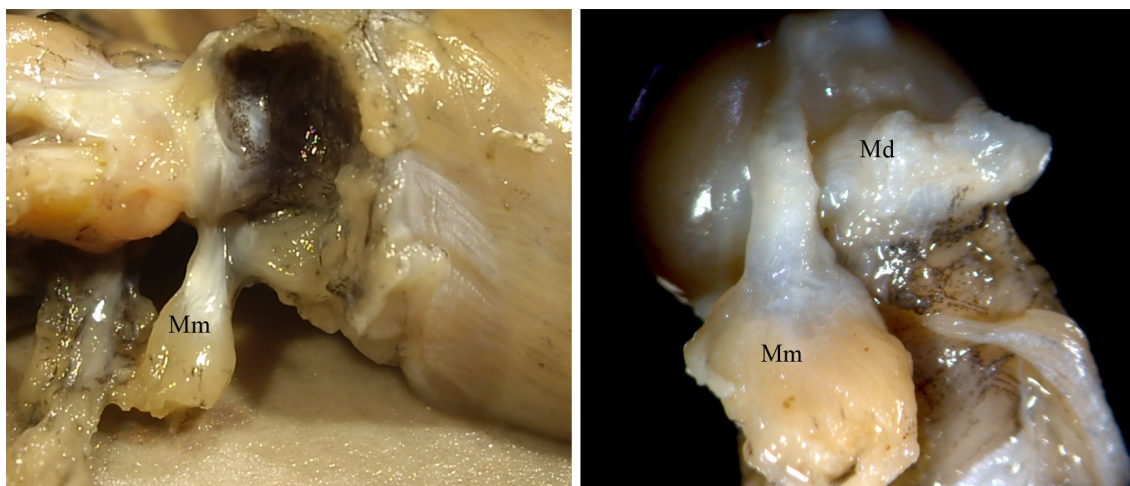


Fig. 55. Imagen macroscópica de la musculatura de la cadera del sapo. A: visión anterior de la cadera, se observa el músculo obturador interno (Mm) que se dirige desde anterior bordeando por posterior la articulación. B: visión posterior del fémur, se insertará en la cabeza femoral con fibras (Md) que proceden de la zona posterior de la articulación.

Resultados

Tras disecar éstos con encontramos con la línea media corresponde al pubis y que tiene una forma de quilla. A través del *adductor magnus* y el *gracilis major* accedemos a un plano muscular más profundo formado por el *adductor longus* y el *adductor brevis*. Tras disecar el siguiente plano muscular que se origina en el pubis, nos encontramos con la articulación. Un hecho que nos llama la atención es que hay un músculo pequeño (m. obturador interno) que se origina en la zona más profunda del pubis (Fig. 55) y que se dirige mediante un tendón hacia la articulación entrando en ella e insertándose en la cara posterior de la cabeza anexo a otra estructura tendinosa que se dirige desde la cabeza al acetábulo.

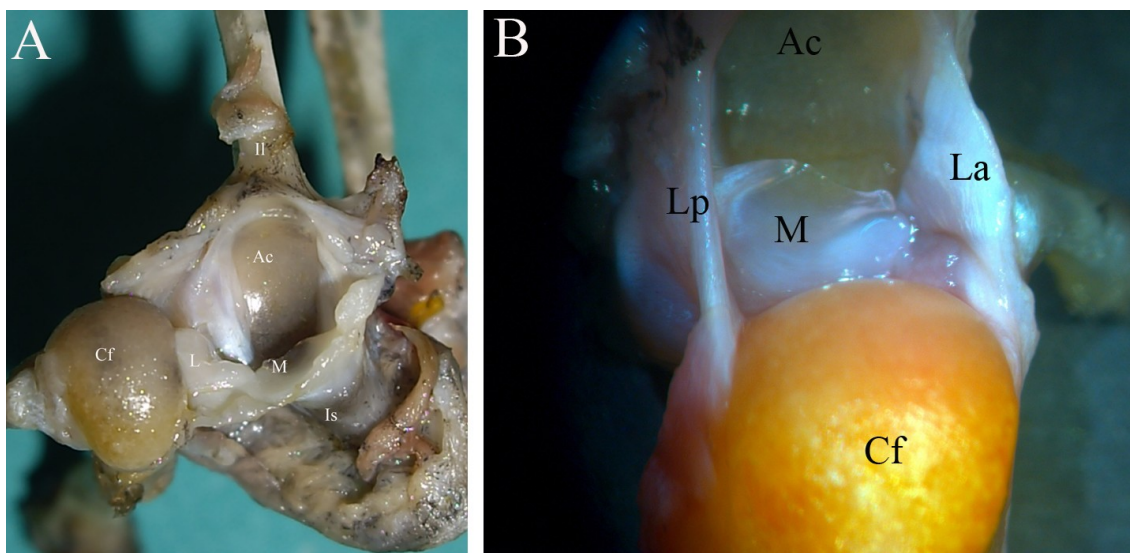


Fig. 56. Imagen macroscópica del acetábulo del sapo. A: visión lateral, se observa el menisco (M) y su relación con fibras que van a la cabeza femoral (Cf). B: visión lateral, se observan dos estructuras ligamentosas anterior (La) y posterior (Lp) que se unen a la cabeza femoral (Cf), entre ambas se sitúa el menisco (M).

En la cápsula se aprecian dos importantes refuerzos capsulares o ligamentos anterior y posterior que estabilizan la articulación (Fig. 56-B). Se comprueba que el movimiento principal de la articulación es en el eje craneo-caudal de modo que no nos encontramos con una enartrosis como la cadera humana sino más bien como una tróclea aunque tiene más movimiento.

Resultados

Si se realiza tracción discreta y suave desde la epífisis distal del fémur se aprecia un efecto de pistón en la articulación coxo-femoral, que se sitúa debajo de una estructura ligamentosa que va desde anterior a posterior y que se asemeja al ligamento transverso (Fig. 56-A). Si se comprime la cabeza del fémur contra el cotilo y se repite la tracción el efecto de pistón desaparece, mostrando que se produce un efecto de vacío. Las diferencias de comportamiento de las presiones se incrementan cuando se perfora la cápsula, demostrando la importancia que tiene la correcta coaptación entre la cabeza y las estructuras intra-articulares.

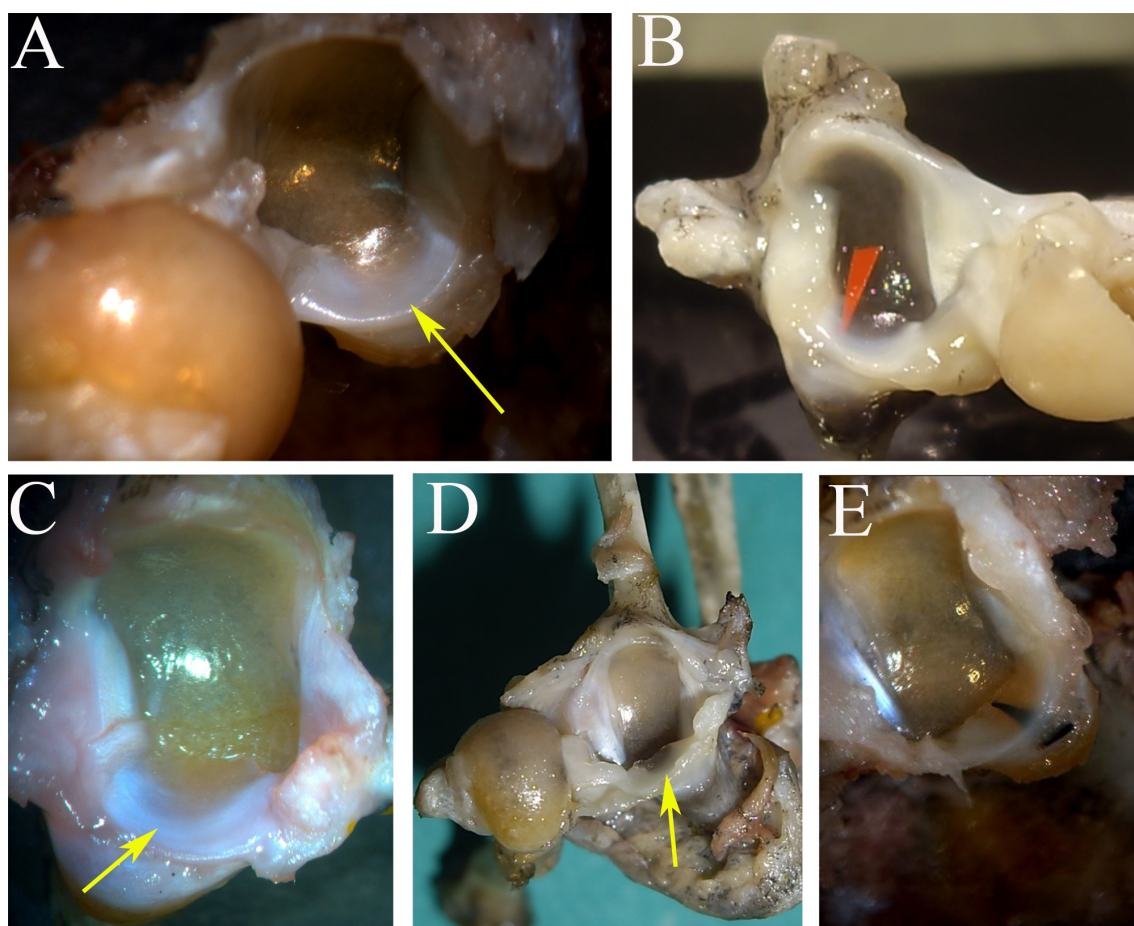


Fig. 57. Imagen macroscópica de la cadera de sapos de un año de edad. Detalle del menisco. A, se observa el menisco sobre el isquion (flecha amarilla). B, se observa el menisco con su forma en C (flecha roja), C, se observa el menisco en continuidad con los ligamentos laterales (flecha amarilla). D, se observa la relación entre cabeza femoral y menisco (flecha amarilla). E, se observa el espacio entre menisco e isquion (flecha negra).

Resultados

El contorno del acetábulo tiene forma ovalada con un fondo aplanado que cubre la cabeza en menos del 25% de su superficie (Fig.56-A). En el reborde anterior y posterior del acetábulo se aprecian dos estructuras ligamentosas (Fig. 56-B) que se dirigen de craneal a caudal aunque de características muy diferentes. La estructura posterior está situada a continuación del reborde cotiloideo ampliando la superficie de la cavidad cotiloidea pero parece más un refuerzo capsular que una estructura independiente. En cambio, la estructura ligamentosa anterior está sobre el reborde óseo y se comporta como un ligamento transverso, uniendo la zona antero-superior de la escotadura con la zona anteroinferior, además tiene un segundo componente extra-articular (formado a su vez por dos grupos de fibras) que queda más externo y que une la escotadura antero-superior con una prominencia ósea inferior, de modo que estos dos fascículos tendrían forma de V invertida. De este modo hablaríamos de un fascículo interior que es móvil, junto a un fascículo externo fijo. El fascículo transverso intraarticular o interno al dirigirse hacia caudal se continúa con un menisco que se sitúa en la zona más inferior o suelo del cotilo. No se observa trasfondo o pulvinar.

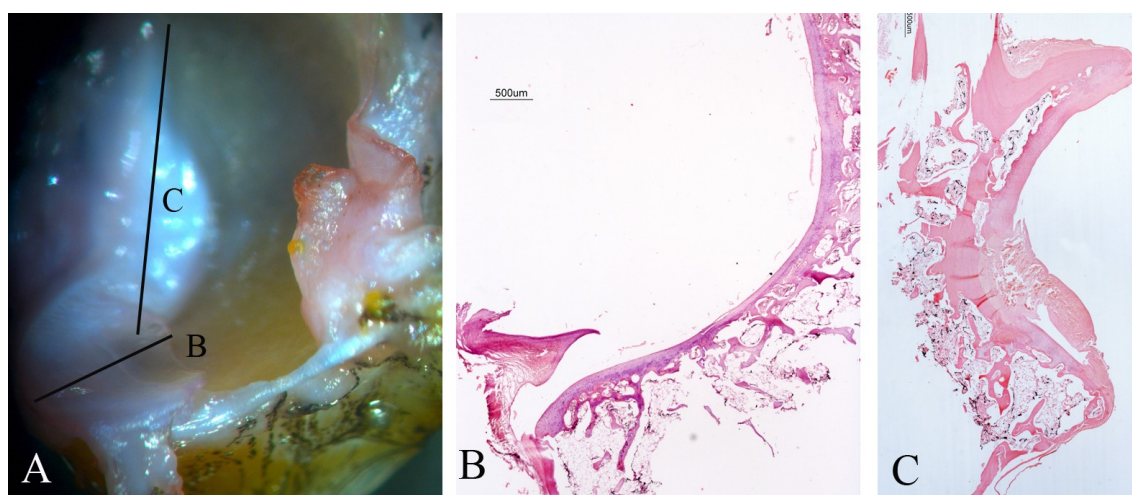


Fig. 58. A: Imagen macroscópica del acetábulo del sapo. Se indican la zona del corte para estudio histológico. B: histofotomicrografía de un corte del acetábulo del sapo. Corte coronal. Detalle de la zona inferior del acetábulo, se observa el menisco con su forma triangular característica. (HE, 4x) C: histofotomicrografía de un corte del acetábulo (corte coronal), se observa el ligamento lateral. (HE, 2x)

Resultados

El menisco tiene forma semilunar de color nacarado (Fig. 57 y 59-A), con un borde libre cóncavo hacia el interior de la cavidad articular traslúcido, mientras que en la zona externa convexa se aprecian la continuación de las fibras del ligamento transverso antes señalado que rodea a este menisco continuándose con fibras que acaban insertándose en la parte latero-anterior de la cabeza femoral. En esta zona de inserción se encuentra un ligamento acintado que parece corresponder al ligamento redondo y que queda adherido a la cápsula posterior. Se inserta en la zona de confluencia entre la zona posterior del menisco y la zona más caudal de la estructura ligamentosa posterior (Fig.58-A y 58-C). En la pared capsular posterior se aprecian algunos refuerzos que se dirigen hacia la zona media de la estructura ligamentosa posterior.

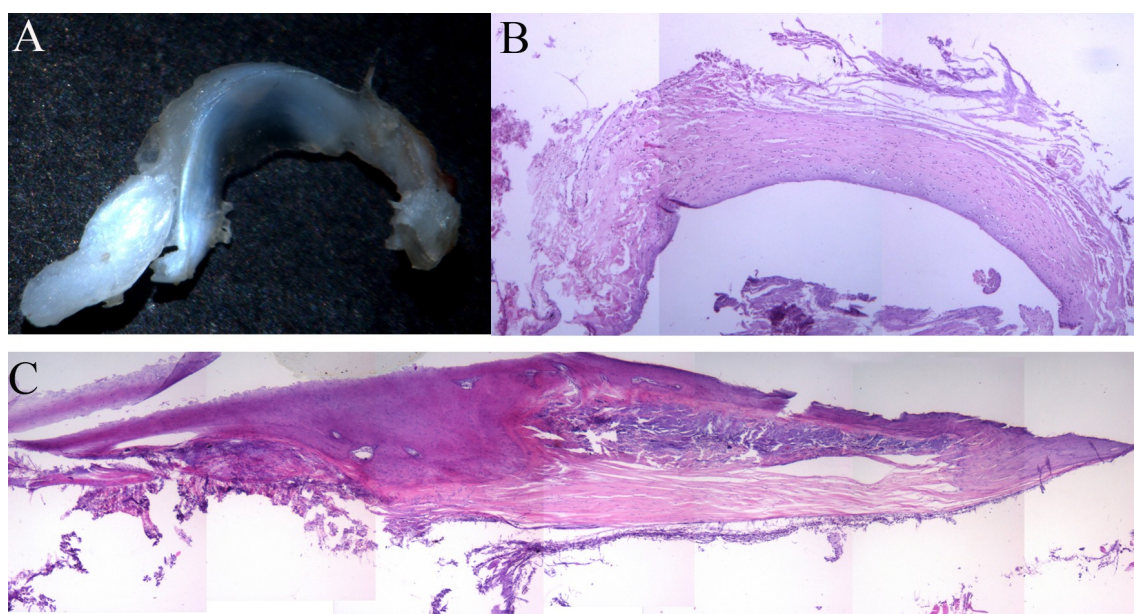


Fig. 59. A: imagen macroscópica del menisco del sapo. B: histofotomicrografía de un corte del menisco del sapo. Corte coronal. C: histofotomicrografía de un corte coronal del ligamento transverso del acetábulo del sapo. (HE, 4x)

La cavidad cotiloidea tiene un eje mayor de 5 mm y un eje menor de 3 mm. En los bordes anteriores y posteriores se aprecia unos declives óseos, cóncavos. En los extremos de los declives, y en ambos lados, se aprecian los potentes ligamentos intraóseos que dan lugar a unos espacios que son ocupados por tejido fibroconjuntivo,

Resultados

produciendo una potentes membranas a modo de pared anterior y posterior del acetábulo (Fig. 56). El menisco, por su borde convexo, inferior, o distal, se une al borde inferior de la cavidad cotiloidea por un tejido capsulo-sinovial (Fig. 57 y 58)..

De la pared lateral de coto, de su extremo anterior, o craneal, y por la parte interna, intra-articular, parte un grueso y fuerte ligamento que se inserta directamente en la región ósea intraarticular, acompañado de tejido sinovial a lo largo de su borde externo, este ligamento se continúa con el extremo externo del menisco. En extremo interno del menisco se continúa con una estructura ligamentaria más débil que la anterior que la une el menisco con la estructura ligamentaria más distal descrita en la pared interna.

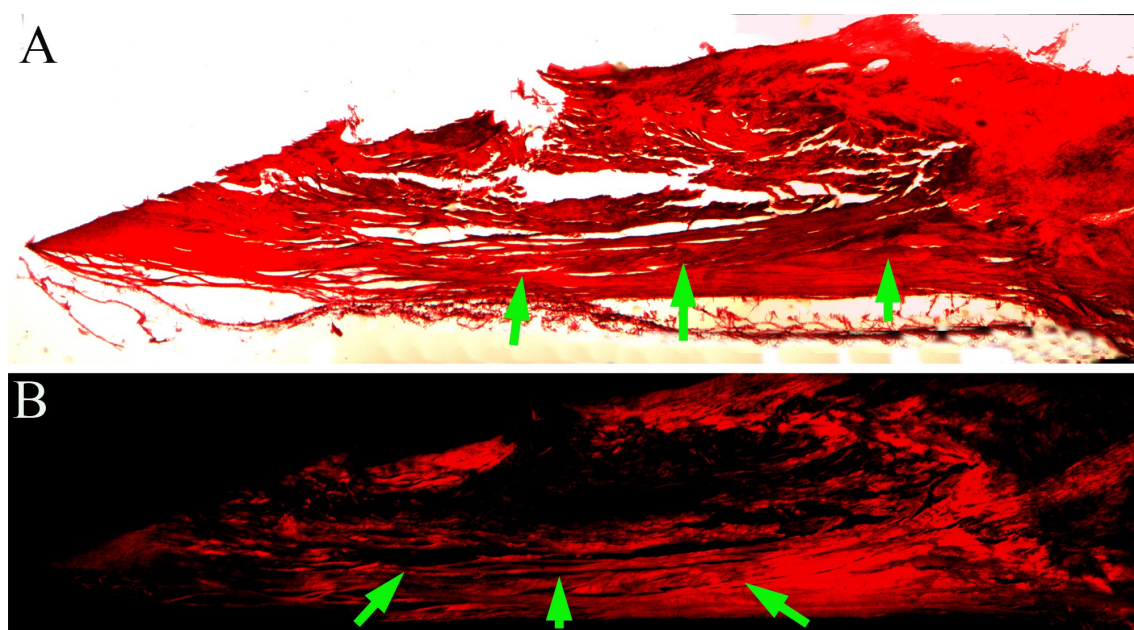


Fig. 60. A: histofotomicrografía de un corte coronal del ligamento anterior del acetábulo del sapo. Tinción con Picrosirio con luz normal. B, misma imagen con luz polarizada mostrando la estructura birrefringente que corresponde al colágeno de dicho ligamento (rojo Sirio, 4x)

En el estudio histológico hemos podido analizar el menisco y comprobar su naturaleza fibro-cartilaginosa, así como la estructura fibro-conjuntiva del ligamento que hemos definido como anterior (Fig.58 y 59). En el corte sagital de la superficie del isquion, hemos podido observar la imagen triangular del menisco en este tipo de corte

Resultados

para adaptar la superficie cefálica con la del isquion (Fig. 58-B).

La tinción con rojo Sirio nos muestra la naturaleza colágena del ligamento anterior del acetábulo y como se sitúa entre dos zonas óseas a semejanza del ligamento transversal de otros animales (Fig. 60 y 61).

La cabeza femoral es esférica y es una prolongación del eje diafisaria, en la zona lateral se observa una ligera prominencia, que no llega a tener la forma de un trocánter, que es donde se insertan los refuerzos ligamentosos y el músculo obturador interno que antes hemos señalado. Esta forma de epífisis no permite ver un cuello femoral.

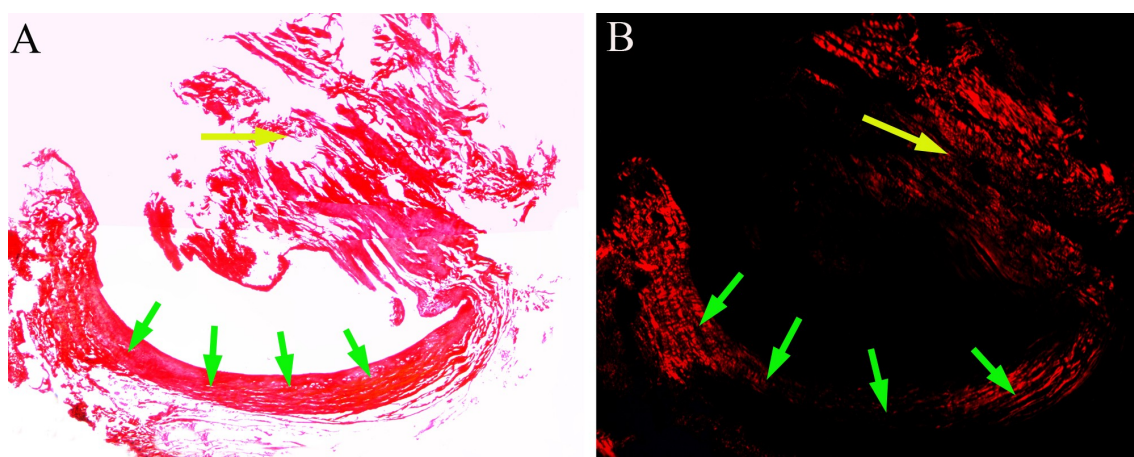


Fig. 61. Histofotomicrografía de un corte del menisco del sapo. A, tinción con Picrosirio con luz normal, se señala la zona del menisco con flechas verdes, y del ligamento que se une a él con una flecha amarilla. B, misma imagen con luz polarizada, donde se observa por birrefringencia la disposición de fibras de colágeno organizadas en el menisco y más desorganizadas en el ligamento. (rojo Sirio, 4x)

5.1.4. Estudio macroscópico de la salamandra.

Reino: *Animalia*. División: *Chordata*. Clase: *Amphibia*. Orden: *Urodela*. Familia: *Salamandridae*. Género: *Salamandra*.

La radiografía muestra una pelvis que se asemeja a la del humano, con un ilion grande y un pubis que se articula en la zona anterior. El índice acetabular (InAc) es de 22, el índice de extrusión acetabular (InExAc) es de 46 y el ángulo de inclinación acetabular (AInAc) es de 73°. Expuesto el acetábulo, el contorno del cotilo tiene aspecto ovalado con un eje mayor paralelo al cuerpo que mide 2,2 mm y un eje menor vertical al anterior de 1,2 mm, o con más rigor tiene un contorno en forma de pera, en la que la porción más estrecha es craneal y la porción más ancha es caudal con área articular de 2,2 mm² (Fig. 62).

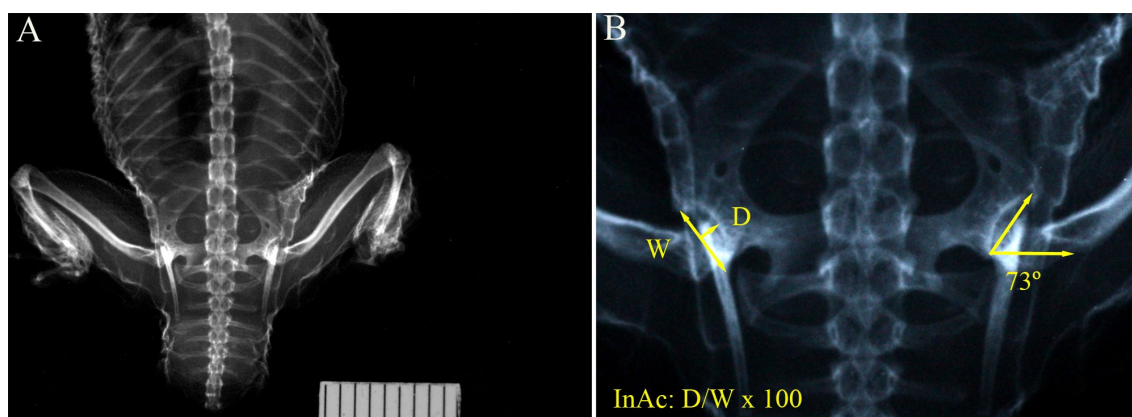


Fig. 62. A. Proyección anteroposterior. Imagen radiográfica de la pelvis de la salamandra. B. Proyección anteroposterior (detalle), se señala el índice de extrusión acetabular y el ángulo de inclinación acetabular.(escala en mm.)

En la pared anterior o ventral y en la posterior o dorsal hay un declive óseo en el acetábulo. Estos declives son ocupados por unos ligamentos interóseos (van del extremo superior del declive al extremo inferior), y completan ambas paredes del acetábulo, similar al sapo. De la parte superior externa y de la parte inferior interna de la cabeza femoral parten dos potentes ligamentos que finalizan en la zona craneal y caudal del

Resultados

acetábulo, sobre la región del rodete cotiloideo. De la cara intraarticular del ligamento inferior parte una estructura de tejido fibroconjuntivo casi translúcido, lo que dificulta la visión del mismo, que se deposita en el suelo caudal del acetábulo, tomando una configuración que recuerda a un menisco y que puede independizarse del acetábulo y no es un reborde o labrum ya que sólo aparece en esta zona caudal que correspondería al isquion (Fig. 63). Al seccionar el ligamento inferior de la cabeza femoral y separarlo del acetábulo arrastra consigo esta estructura intra-articular, muy compleja de aislar. No se observa la presencia de agujero isquio-pubiano, así como de trasfondo o pulvinar.

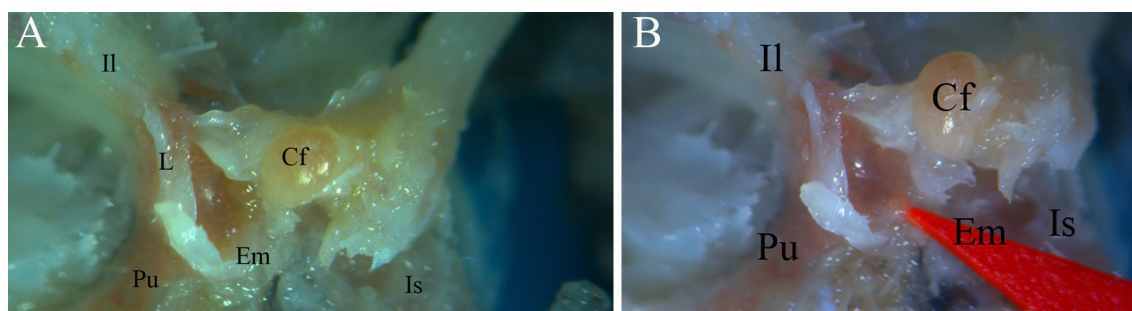


Fig. 63. Imagen macroscópica del acetábulo de la salamandra. A, visión lateral, se observa el menisco (Em) en la zona inferior e isquiática del acetábulo que tiene forma periforme. B, se señala con una flecha roja el menisco acetabular de la salamandra. Il, ilion. Is, isquion. Pu, pubis. L, labrum. Cf, cabeza femoral.

El fémur es diferente al del sapo o la rana ya que cabeza femoral no salen en continuación de la diáfisis femoral, sino que se desvía presentando un cuello femoral y presenta una prominencia que actúa como el trocánter mayor. La cabeza no es tan esférica y parece ovalada (Fig. 64).

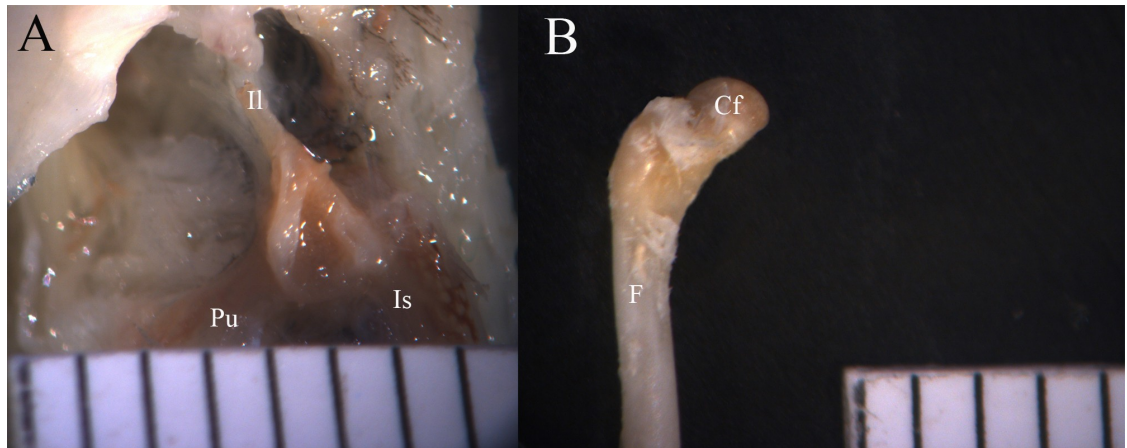


Fig. 64. A, Imagen macroscópica del acetábulo de la salamandra, visión lateral. Se observa la forma periforme del acetábulo. B, imagen lateral de la epífisis proximal femoral, se observa la forma incurvada, así como la presencia de un cuello femoral y un trocánter. Il, ileon. Is, isquion. Pu, pubis. Cf, cabeza femoral. F, fémur (escala en mm.)

5.1.5. Estudio macroscópico del tritón.

Reino: *Animalia*. División: *Chordata*. Clase: *Lissamphibia*. Orden: *Caudata*. Familia: *Salamandridae*. Género: *Triturus*.

En el estudio radiográfico, se observa una pelvis menos estructurada que en la salamandra y no se aprecian el agujero obturador (Fig. 65). Tras la disección muscular, accedemos a la articulación coxofemoral. En la cara medial de la cápsula se aprecia un refuerzo ligamentoso que va desde el acetábulo a la cara lateral de la cabeza femoral. Se practica capsulotomía y se expone el acetábulo. La cabeza femoral tiene forma de

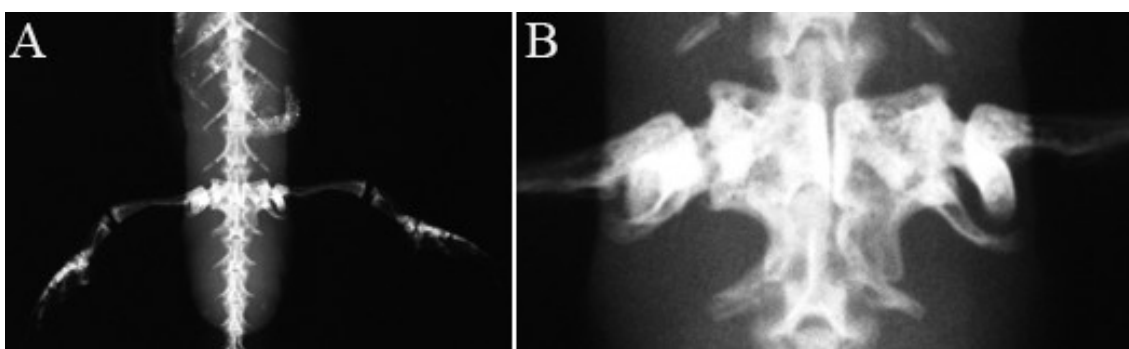


Fig. 65. Imagen radiográfica de la pelvis de la salamandra. A, proyección anteroposterior. B, proyección anteroposterior (detalle), se observa una pelvis con forma cuadrangular sin presencia de agujeros obturadores. No se aprecia la articulación coxofemoral de forma definida.

tróclea y no es esférica. La articulación de la cadera no es una enartrosis, la cabeza femoral tiene forma de tróclea. El eje de la tróclea es perpendicular al eje femoral. Los cóndilos de la tróclea miran al lado medial (Fig. 66).

El acetábulo no es esférico. Tiene forma triangular, triángulo equilátero, con base anterior. En el fondo se aprecia una fisura cartilaginosa. El reborde del acetábulo esta rodeado con un rodete fibrocartilaginoso o labrum y que en su porción postero-lateral presenta un menisco. Esta estructura tiene su aspecto central transparente, goza

de una gran movilidad y puede ser independizado de la articulación. En la cara latero-

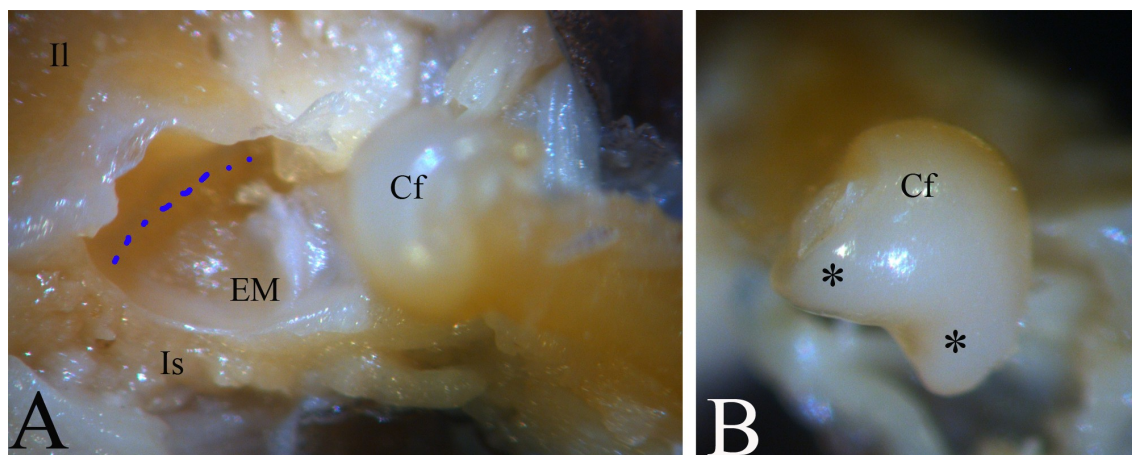


Fig. 67. Imagen macroscópica de la cadera del tritón. A, visión lateral, se observa el acetábulo con una línea de cartílago que lo cruza de anterior a posterior (línea de puntos azules) y un menisco en la zona inferior o isquiática (EM). B, visión craneal, imagen de la cabeza femoral con la presencia de dos pequeños cóndilos (asterisco). Cf, cabeza femoral. Is, isquion. Il, ilion.

caudal o posterior se inicia como continuación del labrum una estructura meniscal que tapiza o cubre la porción lateral y caudal del isquion (Fig. 67 y 68). Por su zona más caudal del menisco se continúa con una estructura ligamentosa que hace de puente entre isquion y pubis, que rememora ligamento transverso. El movimiento de la cabeza femoral a través de las estructuras ligamentosas de la cápsula produce movimientos en el menisco, lo cual indica la relación funcional entre cabeza, cápsula, articulación y menisco. No se aprecia trasfondo o pulvinar.

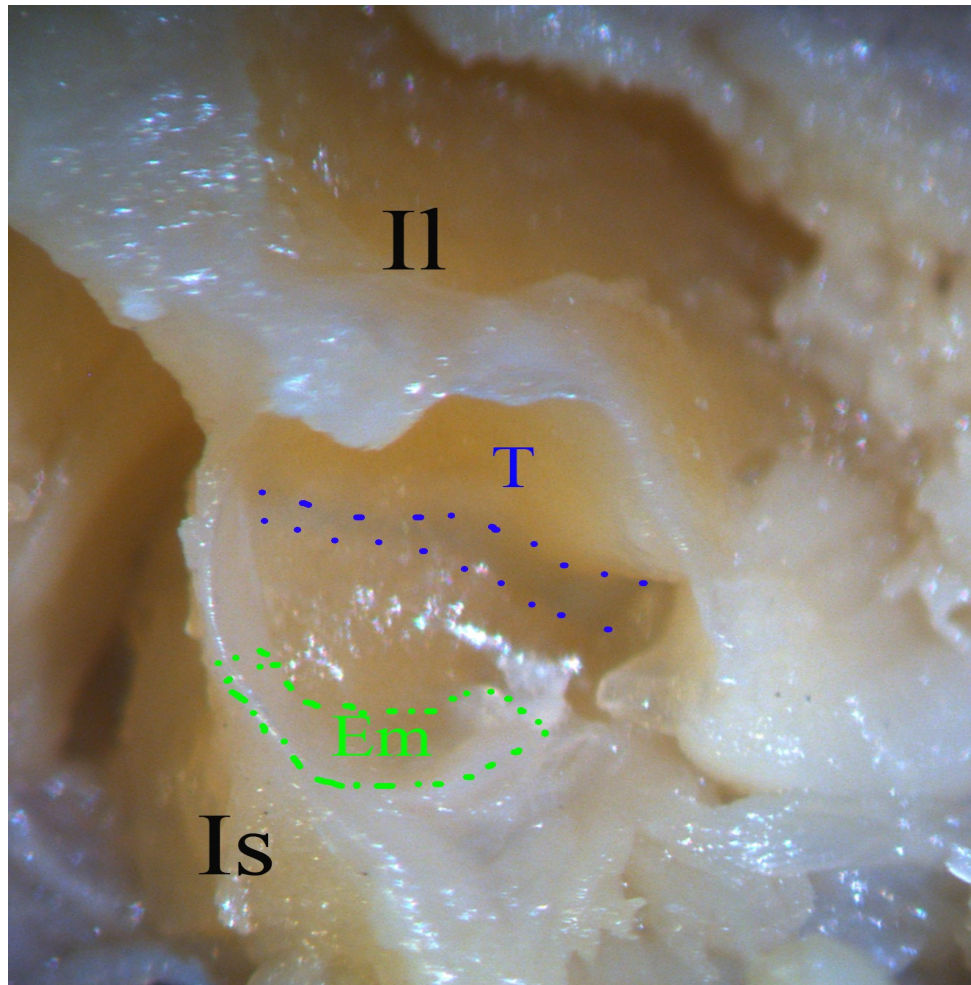


Fig. 68. Imagen macroscópica del acetábulo del tritón. Visión lateral. Se observa la forma ovalada con el cartílago trirradiado en la zona media (T, entre puntos azules). En el suelo se sitúa el menisco (Em) que se ha rodeado de puntos verdes para evidenciarlo, se observa que está dispuesto en la zona caudal del acetábulo sobre el isquion. Il, ilion. Is, isquion.

5.1.6. Estudio macroscópico de la tortuga (*Trachemy scripta*).

Reino: *Animalia*. División: *Chordata*. Clase: *Sauropsida* Orden: *Testudines*. Familia: *Emydidae*. Género: *Trachemy*.

La forma de la pelvis tiene alguna semejanza con la de los anfibios, ya que el ilion es una estructura delgada y alargada. Se puede ver con facilidad el tejido cartilaginoso que forma tanto el cartílago trirrariado como la cabeza femoral. No se observa una cápsula muy potente por lo que parece que la estabilidad procede del tejido muscular adyacente. No hemos encontrado refuerzos capsulares o ligamentos evidentes como en el caso de los anfibios.

El acetábulo de la tortuga tiene forma periforme, de modo que la zona más alargada se dirige hacia craneal y mide unos 2,6 mm., mientras que la zona más ancha es caudal y mide unos 2 mm. La superficie del acetábulo es de 3,8 mm². Está cubierta completamente de cartílago articular sin presentar un trasfondo. Por transparencia se observa la presencia del cartílago trirrariado. No encontramos estructuras ligamentosas dentro del acetábulo semejantes al ligamento redondo o al ligamento transverso. No se observa ningún tejido que recuerde al pulvinar (Fig. 69).

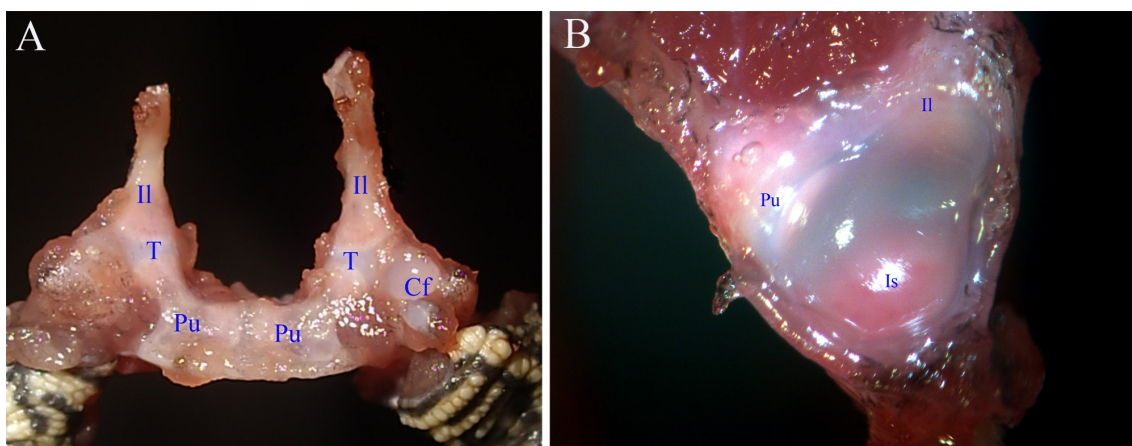


Fig. 69. Imagen macroscópica de la pelvis de la tortuga. A, imagen anterior de la pelvis donde se aprecia el componente cartilaginoso del cartílago trirrariado (T) así como de la cabeza femoral (Cf). B, imagen lateral del acetábulo con la presencia de los tres componentes óseos que se observan por transparencia. Il, ilion. Is, isquion. Pu, pubis.

Resultados

Llama la atención que en el acetábulo pueden verse por transparencia los tres componentes óseos del acetábulo con un cartílago trirradiado de gran tamaño.

Resultados

5.1.7. Estudio macroscópico de la codorniz (*Coturnix coturnix*).

Reino: *Animalia*. División: *Chordata*. Clase: *Aves*. Orden: *Gallináceas*. Familia: *Phasianidae*. Género: *Coturnix*.

La pelvis de esta ave es alargada, convexa hacia fuera y tiene la peculiaridad de todas las aves ya que presenta el sinsacro (*symsacrum*) que es una zona de fusión de vértebras caudales que se asemeja al sacro pero que ocupa todo el reborde medial de ambas hemipelvis, de modo que la cintura pélvica es muy sólida. Tanto pubis como isquion se dirigen hacia delante. Tiene un cotilo dirigido hacia anterior y situado en la zona media del hueso. El ilion es muy plano y presenta, como todo la hemipelvis, una incurvación con convexidad hacia el exterior (Fig. 70).

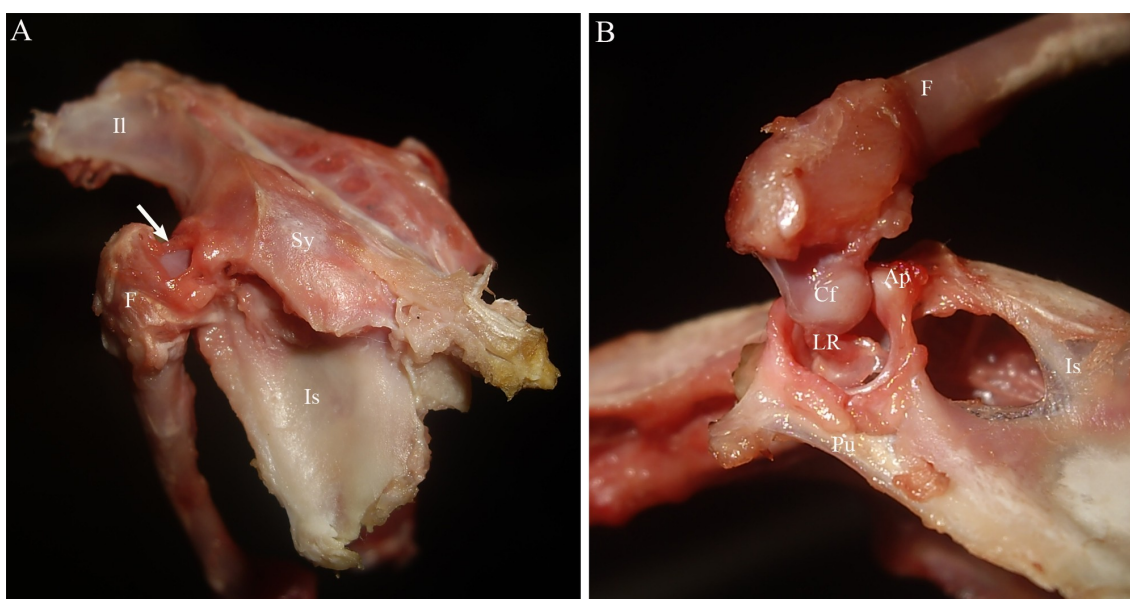


Fig. 70. Imagen macroscópica de la pelvis de la codorniz. A, visión postero-lateral. Se señala con una flecha la cápsula articular abierta mostrando el cuello que se articula con el acetábulo. B, visión lateral del acetábulo sin la cápsula mostrando el ligamento redondo (LR). Il, ilion, Is, isquion. Pu, pubis. Sy, sinsacro. Ap, apófisis articular.

El cotilo tiene un eje transversal, de unos 5,3 mm, ligeramente mayor que el vertical, de unos 4,6 mm, lo cual deja un área de unos 18,4 mm². Un hecho particular es

Resultados

la presencia de una prominencia cartilaginosa (apófisis) que está fuera del cotilo y se sitúa a las cuatro en el sentido horario del acetábulo. Desde esta zona, se aprecia una estructura que se asemeja a un rodete acetabular pero que sólo se dispone hasta la zona opuesta y por encima del acetábulo. De este modo, la mitad inferior de la articulación quedaría desprovista de este reborde fibrocartilaginoso.

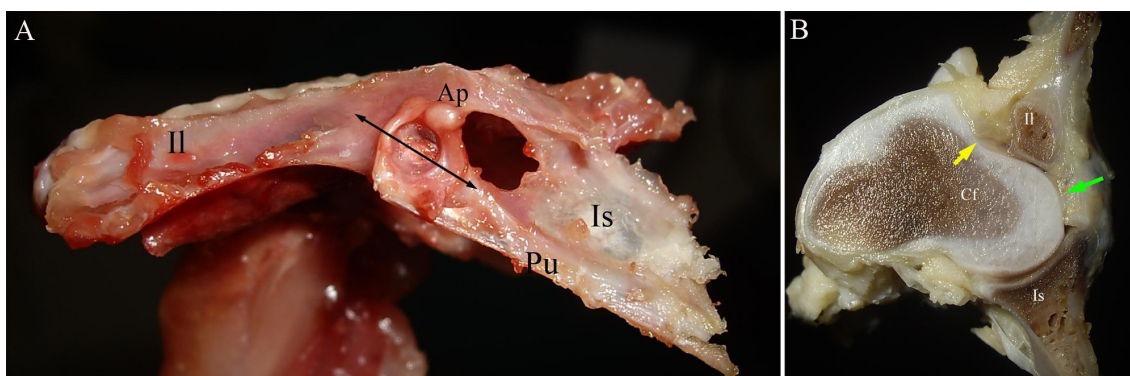


Fig. 71. A, imagen macroscópica de la hemipelvis de la codorniz, visión lateral. Se señala con una flecha la zona del corte para la imagen B. Se observa la curvatura de la hemipelvis. B, imagen macroscópica de un corte sagital del acetábulo (ver flecha en imagen A). Se observa como el acetábulo carece de fondo óseo (flecha verde) y como existe una zona articular en el cuello del fémur (flecha amarilla). Il, ilion. Is, isquion. Pu, pubis. Ap, apófisis.

El fondo del acetábulo no está cubierto por hueso sino por una membrana sólida que aísla la articulación de la zona intrapélvica. El ligamento redondo se une a la confluencia entre hueso y la membrana, de modo que ninguna estructura parece salir desde el fondo acetabular. No se aprecian estructuras que recuerden a un menisco. El agujero obturador es elíptico con un eje mayor vertical y está formado por las ramas pubiana e isquiática de gran anchura sobre todo en la zona isquio-púbica. La cabeza femoral presenta, como en otras aves, una superficie articular que se extiende por la cabeza hasta el cuello y el trocánter mayor (Fig. 71-B).

El estudio histológico de la codorniz con tinción con rojo Sirio nos muestra como la disposición de las fibras del colágeno no es ordenada, con paralelismo de las mismas, como ocurre con el hueso lamelar, sino que se disponen desordenadamente

Resultados

como caracteriza al hueso plexiforme. Así mismo se observan cavidades dentro de la medular ósea que caracteriza al hueso neumático de las aves (Fig. 72). En la superficie articular, tanto de la cabeza femoral como del acetábulo podemos observar una disposición paralela de las fibras colágenas a la superficie, pero carente de la estructura que observamos en el humano con fibras en forma de arcada (Fig. 73).

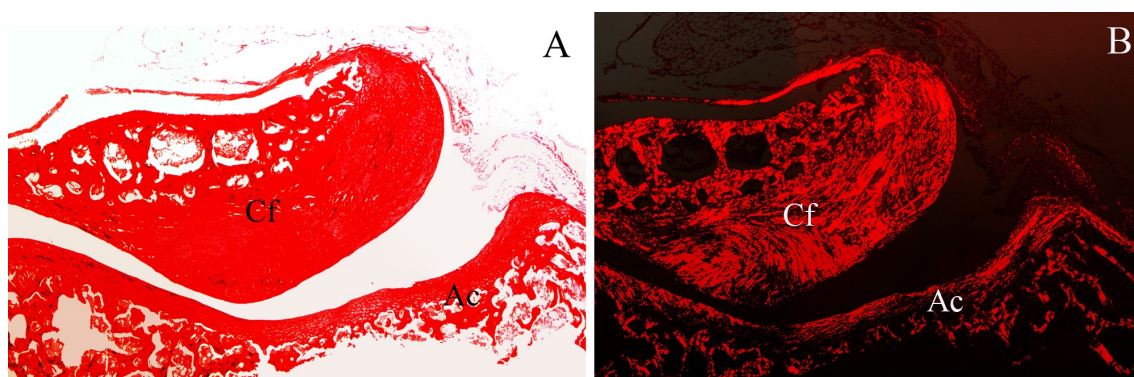


Fig. 72. Histofotomicrografía de un corte de la cadera de la codorniz. Corte transversal. A, tinción con picrosirio con luz normal, imagen de la cabeza femoral (Cf) articulándose con el acetábulo (Ac). B, misma imagen con luz polarizada, se observa la naturaleza plexiforme de la distribución del colágeno en el hueso. (rojo Sirio, 4x).

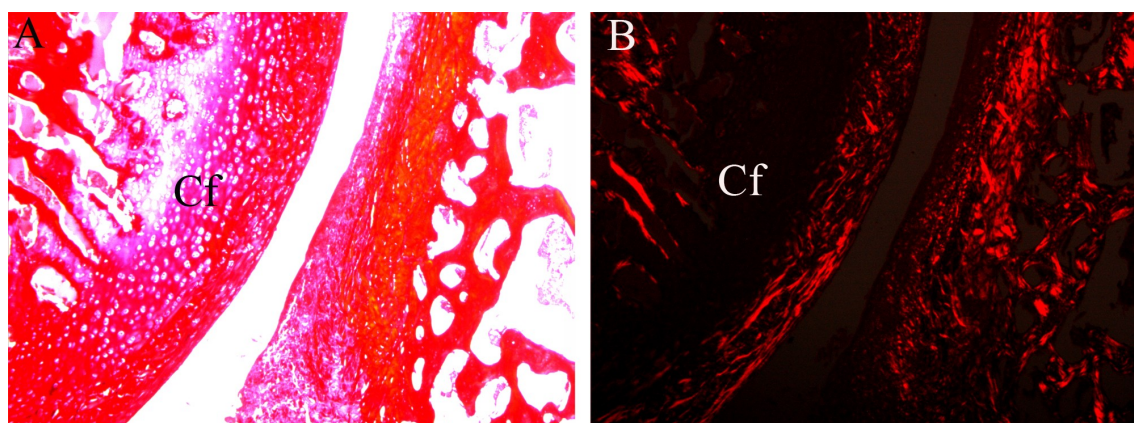


Fig. 73. Histofotomicrografía de un corte de la cadera de la codorniz. Corte transversal. Detalle de la cabeza y acetábulo. A, tinción con picrosirio con luz normal, imagen de la cabeza femoral (Cf) articulándose con el acetábulo. B, misma imagen con luz polarizada, se observa la naturaleza plexiforme de la distribución del colágeno en el hueso. (rojo Sirio, 4x).

5.1.8. Estudio macroscópico del pollo (*Gallus Gallus*).

Reino: *Animalia*. División: *Chordata*. Clase: *Aves*. Orden: *Galliformes*. Familia: *Phasianidae*. Género: *Gallus*.

Pollo 15 días.

La pelvis del pollo presenta una flexión anterior de la misma de modo que la visión lateral se observa una convexidad posterior. En la unión de ambas hemipelvis se dispone una estructura ósea que representa la fusión de vértebras con sacro y que se denomina sinsacro o synsacrum (Fig. 74). La articulación coxo-femoral del pollo se encuentran constituida por dos componentes articulares. Uno de ellas es la cavidad cotiloidea propiamente dicha rodeada en parte de su contorno por un rodete cotiloideo

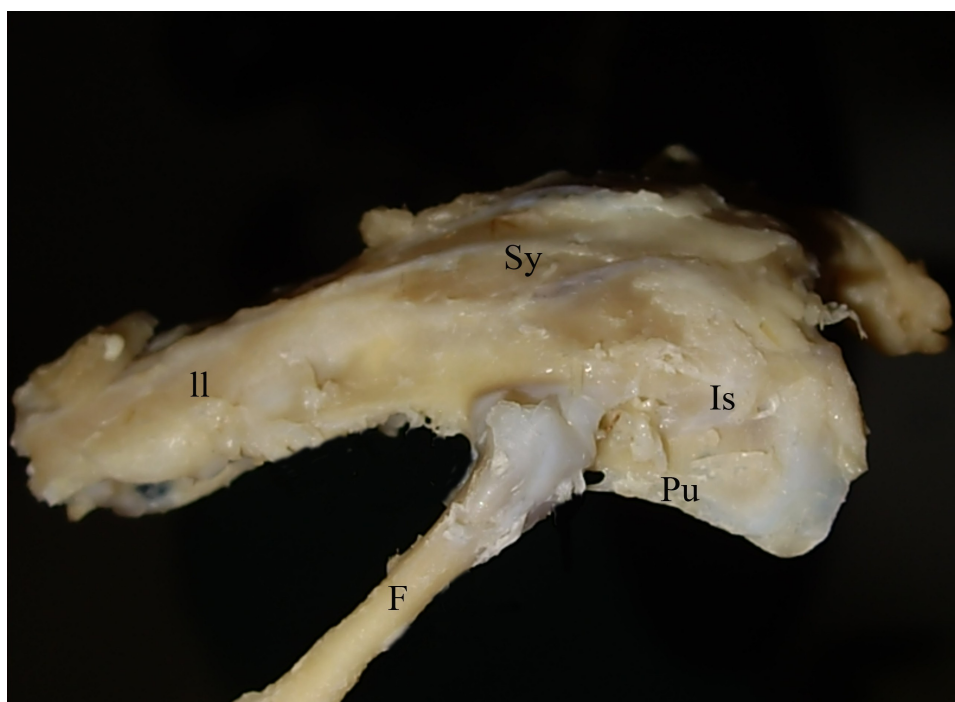


Fig. 74. Imagen macroscópica de la pelvis del pollo de 15 días. Visión lateral. Il, ilion. Sy, synsacrum o sinsacro. Is, isquion. Pu, pubis.

fibrocartilaginoso aunque no está limitado de forma regular, es circular con un eje de 3,7-4,0 mm de longitud y con un área de unos 12,7 mm². En esta cavidad se aleja la

Resultados

cabeza femoral. El otro componente articular es una superficie articular extra-cotiloidea que rodea a la anterior, de modo que hablaríamos de un piso o superficie articular más superficial o exterior y que se articula con el cuello y el trocánter mayor del fémur de modo que la superficie articular se amplía de los 12,7 mm² a 23,1 mm² (Fig. 75). En una posición postero-superior se observa una apófisis más prominente que se sitúa en la región del isquion.

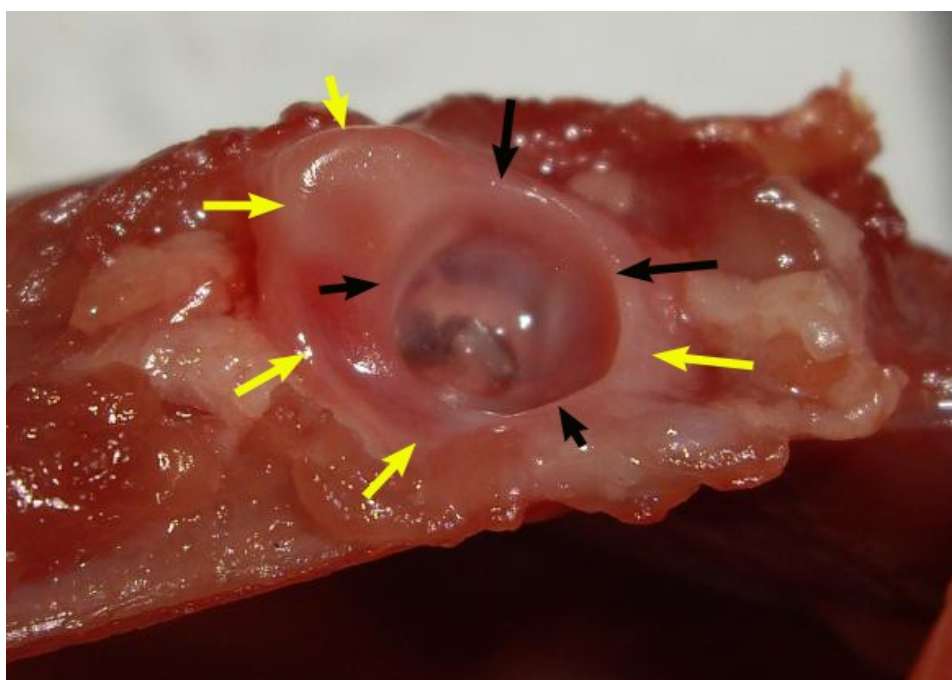


Fig. 75. Imagen macroscópica del acetábulo del pollo de 15 días. Visión lateral. Se ha señalado el acetábulo real (flechas negras) y la superficie articular real (flechas amarillas).

En la zona profunda del acetábulo se encuentra la fosa acetabular que mide aproximadamente unos 2,5 mm², con la peculiaridad de que no está formada por hueso por una capa fibrosa traslúcida que separa la cavidad articular del interior de la pelvis.

De modo tal que, el ligamento redondo por su zona proximal o interna tiene su inserción parcialmente extra-coxal y por el otro extremo se inserta en la cabeza femoral. En el borde distal o inferior esta limitada por una banda de tejido fibroconjuntivo denso,

Resultados

ligamentario, que constituye el ligamento transverso.

En el tercio anterior del ligamento transverso e inmediato posterior a él se encuentra el foramen isquiopúbico, sin relación alguna con la cavidad acetabular. En la cavidad acetabular, y a este mismo nivel del tercio anterior del ligamento transverso, y en el esquema horario correspondiente a las 5, se observa una línea de sutura condral en la faceta semilunar entre la faceta articular del isquion y la faceta articular del pubis.

No se observan movilizaciones de estructuras acetabulares al traccionar del ligamento redondo.

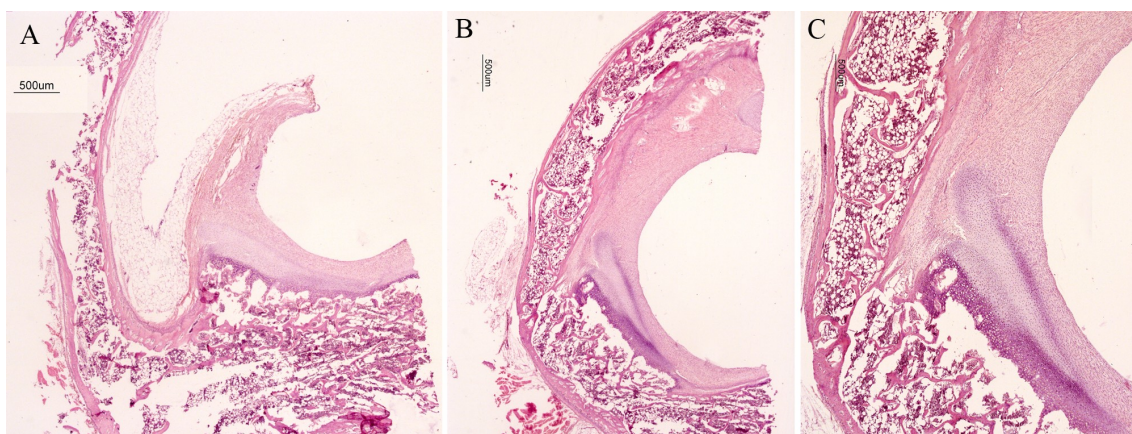


Fig. 76. Histofotomicrografía de un corte del acetábulo del pollo de 15 días. Corte transversal. Detalle del suelo. A, se observa una estructura conjuntiva semejante al isquion de la rata con fibras del adyacentes del ligamento redondo. B, se observa una superposición de tejido cartilaginoso sobre otro plano cartilaginoso (HE, 2x). C, es la imagen anterior a 4x.

En el estudio histológico llama la atención la presencia de una estructura cartilaginosa que aparece superpuesta sobre otra más inferior. Se observan fibras que quedan adyacentes al isquion (Fig. 76).

Cuando se realizan tinciones con rojo Sirio y se observa con luz polarizada, se puede observar que esta zona no está constituida por fibras de colágeno, mientras que las zonas adyacentes que se dirigen la zona articular presentan gran refringencia indicando la preponderancia del tejido colágeno. La superficie articular muestra una estructura colágena abundante en las zonas más cercanas a la luz articular frente a la

Resultados

zona más profundas más desprovistas de este tipo de tejido y sin una disposición paralela a la superficie articular (Fig. 77).

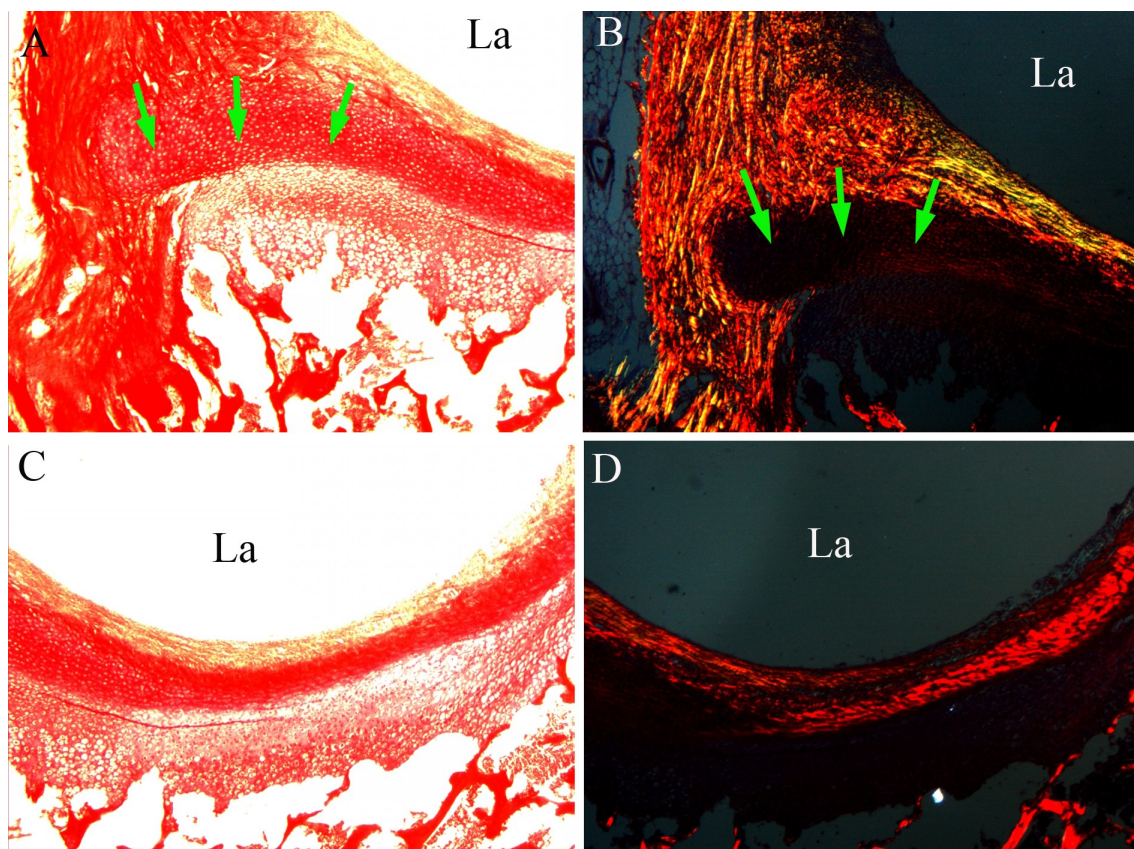


Fig. 77. Histofotomicrografía de un corte del acetábulo del pollo de 15 días. Corte transversal. Detalle del suelo. A, tinción con picrosirio con luz normal, se observa una estructura situada sobre el isquion (flechas verdes). B, misma imagen con luz polarizada, se observa que este tejido carece de colágeno. C, imagen de la superficie articular. D, misma imagen con luz polarizada mostrando la disposición de fibras colágenas abundantes cercanas a la luz articular (La). (rojo Sirio, 4x).

Pollo de 3 meses.

En el pollo adulto se observan los mismos detalles que hemos comentado para el animal de 15 días. Llama la atención la presencia de un acetábulo circular que amplía la superficie articular a expensas de un plano articular periférico pero de menor superficie que en el espécimen joven, ya que casi queda restringido a la apófisis articular en la zona postero-inferior (Fig. 78). Cercana a esta apófisis se observa una estructura

Resultados

ligamentosa que cruza un agujero entre la apófisis y el isquion que podría corresponder al ligamento transverso. Entre el pubis y el isquion no se observa ninguna estructura ligamentosa y como sucede en las aves se dirigen paralelos hacia la zona posterior. No se moviliza ninguna estructura en la tracción del ligamento redondo.

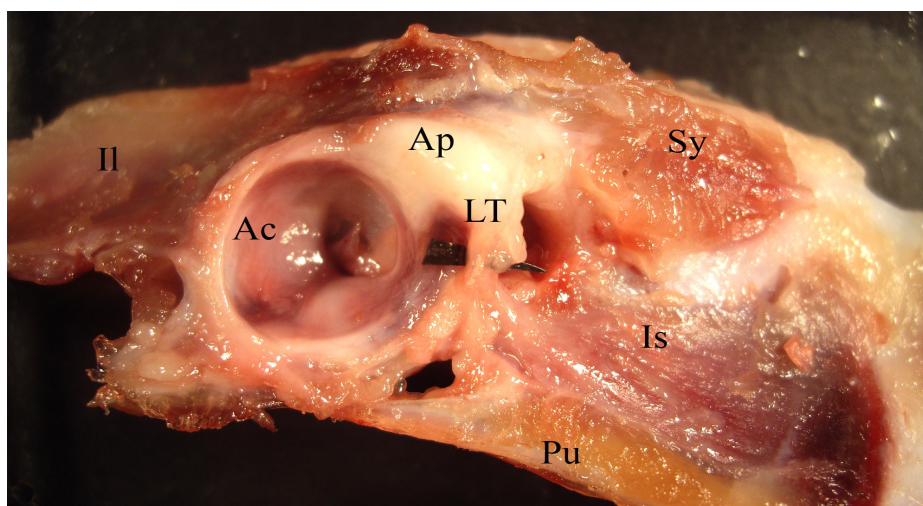


Fig. 78. Imagen macroscópica de la pelvis del pollo adulto. Visión lateral. Ac, acetábulo. Ap, apófisis. LT, ligamento transverso. Sy, sinsacro. Is, isquion. Pu, pubis. Il, ilion.

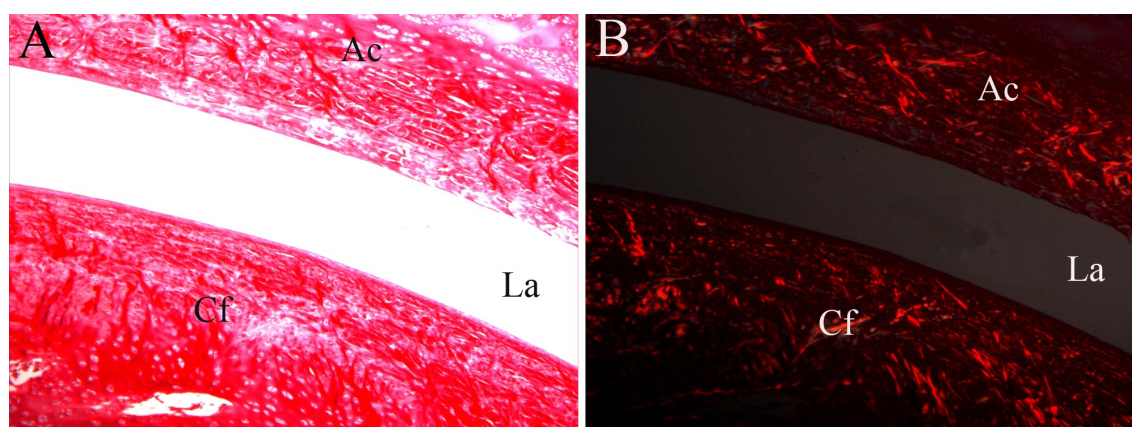


Fig. 79. Histofotomicrografía de un corte del acetábulo del pollo adulto. Corte transversal. Detalle de la cabeza y acetábulo. A, tinción con picrosirio con luz normal, se observa la zona articular entre cabeza femoral (Cf) y el acetábulo (Ac) con la luz articular (La) entre ambas. B, misma imagen con luz polarizada, se observa que la estructura colágena es plexiforme en ambas superficies articulares. (rojo Sirio, 4x).

Resultados

En el estudio histológico se encuentra una arquitectura plexiforme en las fibras de colágeno que constituyen las superficies articulares (Fig. 79).

5.1.9. Estudio macroscópico del caballo (*Equus caballus*).

Reino: *Animalia*. División: *Chordata*. Clase: *Mammalia*. Orden: *Perissodactyla*. Familia: *Equidae*. Género: *Equus*.

El fémur del caballo es corto y grueso. Se observa la presencia de un tercer trocánter situado distal al trocánter mayor y la zona metafisaria. El acetábulo tiene forma oval con eje mayor paralelo a la pelvis y al suelo del acetábulo. El eje mayor mide 6,1 cm y el eje menor mide 4,5 cm, con una superficie de aproximadamente 27,8 cm². La superficie articular es lisa y en forma de herradura. En el centro se sitúa la fóvea y el pulvinar que tiene aspecto succulento con una longitud mayor de 2,9 cm. y una anchura de 1,8 cm.

El ligamento redondo parte de la fóvea de la cabeza femoral como una cinta que se dirige hacia el pulvinar y que mide 1,90 cm en su inserción femoral, para insertarse en la zona más anterior del mismo y en toda su superficie a manera de una tienda de campaña pero sin observarse expansiones al borde posterior del pulvinar. Un hallazgo llamativo es la presencia de una estructura ligamentosa (ligamento accesorio) que se inserta al lado del ligamento redondo en la cabeza femoral y que se dirige por debajo del ligamento transversal para salir de la articulación e insertarse en la pelvis en la zona donde se sitúa el músculo pectíneo (Fig. 80). La anchura del ligamento transversal es de 0,3 cm. No se aprecia una estructura meniscoide sobre el isquion. La movilización del ligamento redondo no tiene repercusión sobre el ligamento transversal.

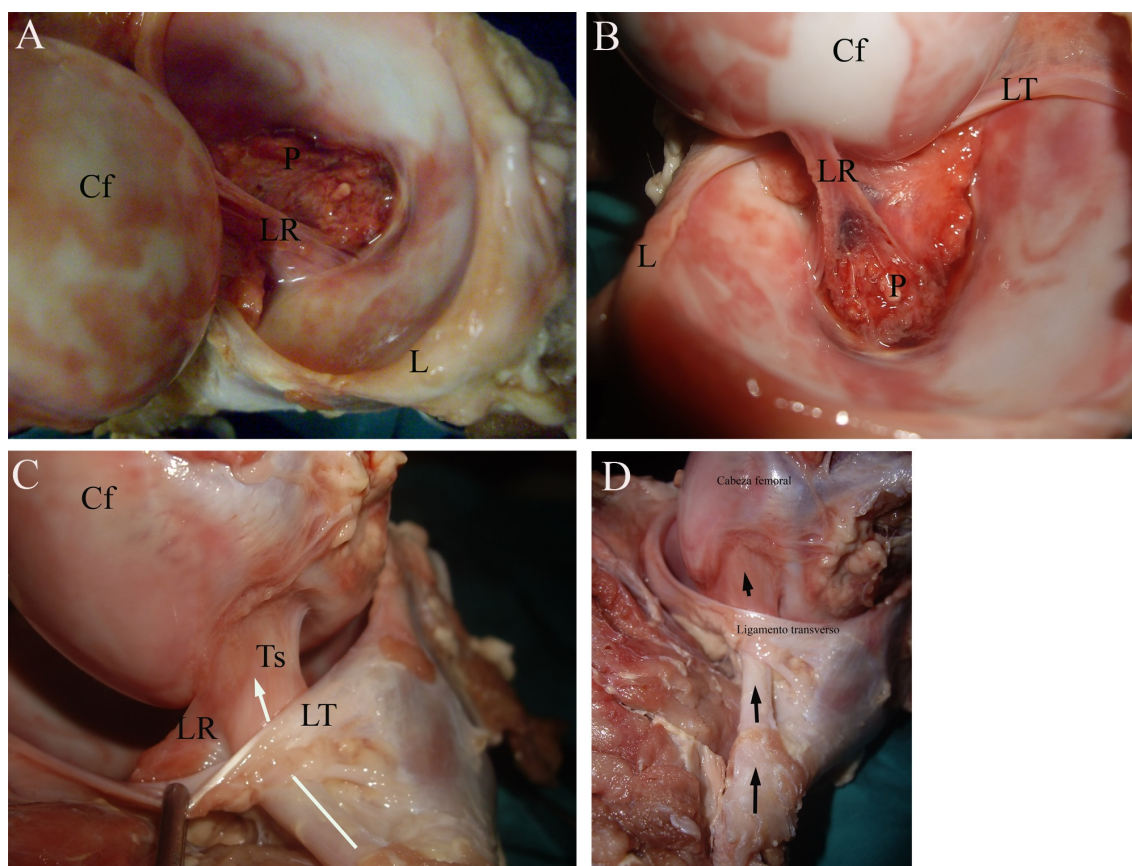


Fig. 80. Imagen macroscópica de la cadera del caballo. A, imagen macroscópica del acetábulo desde una visión anterior, donde se observa como el ligamento redondo (LR) se inserta en el borde anterior del pulvinar (P). B, imagen del acetábulo desde craneal donde se confirma que el ligamento redondo (LR) se inserta en el borde anterior del pulvinar y no da expansiones a la zona posterior. C, imagen macroscópica de la unión común del ligamento redondo y el ligamento accesorio (TS) en la cabeza femoral. D, imagen que muestra el paso del ligamento accesorio por debajo del ligamento transversal (LT) para insertarse en la cabeza femoral (Cf) junto al ligamento redondo (LR). L, labrum.

5.1.10. Estudio macroscópico del conejo.

Reino: *Animalia*. División: *Chordata*. Clase: *Mammalia*. Orden: *Lagomorpha*. Familia: *Leporidae*. Género: *Oryctolagus*.

Conejo (macho) de 15 días.

La imagen radiográfica de la pelvis muestra una articulación compuesta por tejido cartilaginoso con predominio sobre el óseo (Fig. 81).

La cavidad cotiloidea es ligeramente ovalada con el eje mayor paralelo al eje mayor del hueso coxal. El eje vertical es de unos 6,3 mm y el eje transversal es de 5,7 mm. El contorno de la cavidad cotiloidea se encuentra rodeado por un anillo o rodete fibrocartilaginoso, el área del cotilo es de unos 29,4 mm² y el trasfondo es de 10,8 mm²

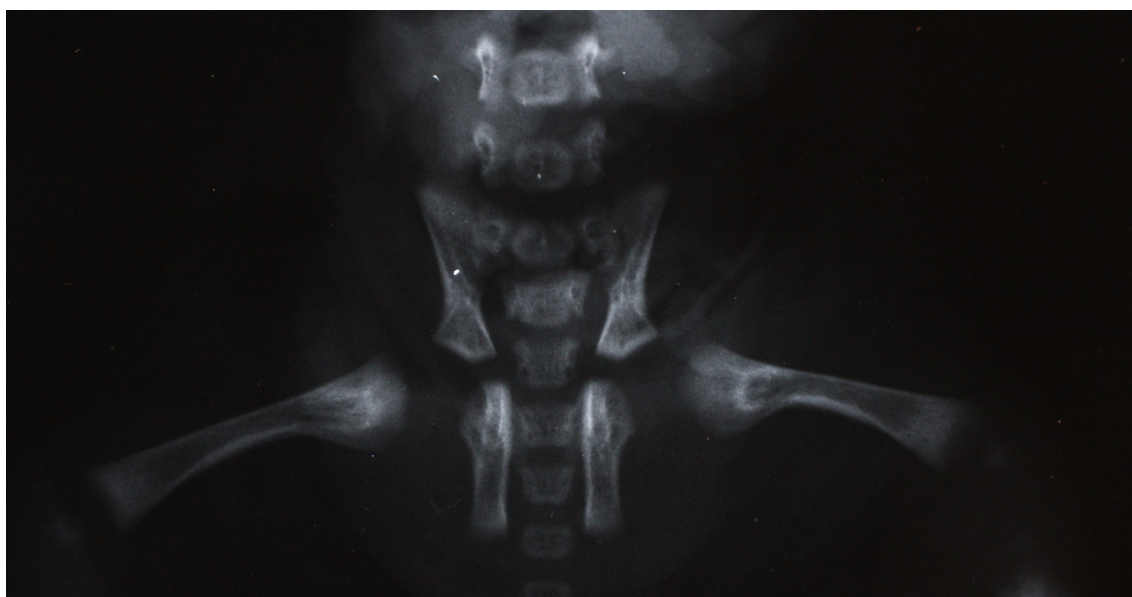


Fig. 81. Imagen radiográfica anteroposterior de la pelvis de un conejo recién nacido, se observa el gran predominio de tejido cartilaginoso (no radioluciente) en la articulación.

El ligamento redondo se inserta por su zona proximal o interna en la región del fondo del acetábulo o trasfondo de la cavidad cotiloidea (*fovea acetabuli*), región carente de cartílago pero que contiene un tejido graso fibroadiposo y está cubierto en gran parte por membrana sinovial. El ligamento redondo, constituido por un grueso

Resultados

cordón aplanado de fibras, se inserta en su zona distal o externa en una fosita de la cabeza femoral (lo que se denomina *fovea capitis* en el humano). La anchura del ligamento redondo es de 2,3 mm en la cabeza y se ensancha hasta los 2,7-2,7 mm en el acetábulo (Fig. 82-A y 83).

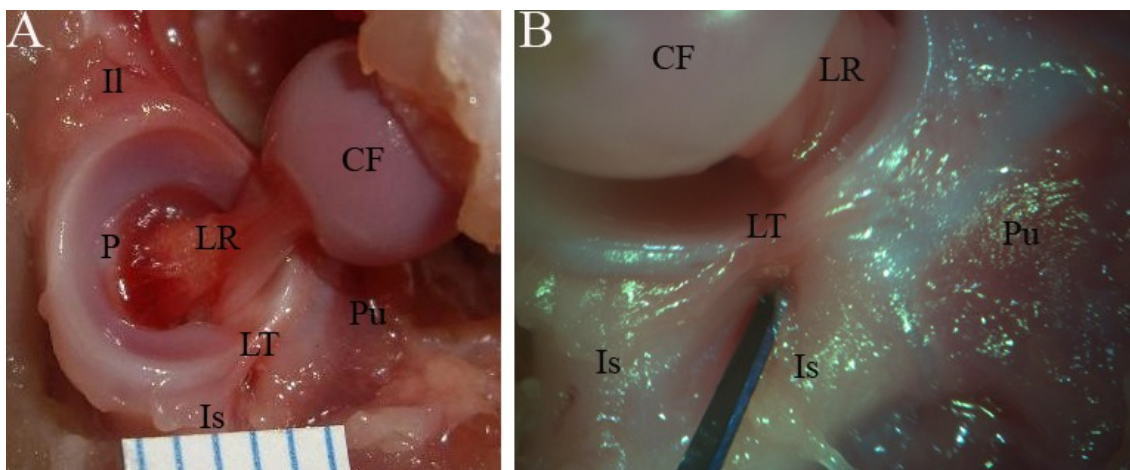


Fig. 82. Imagen macroscópica del acetábulo del conejo recién nacido. A: se observa el ligamento redondo (LR) con sus expansiones hacia el pulvinar (P) y al ligamento transverso (LT). B: imagen del suelo del acetábulo. Is, isquion. Pu, pubis. LR, ligamento redondo. CF, cabeza femoral.(escala en mm.)

El rodete o anillo fibrocartilaginoso que rodea la cavidad cotiloidea presenta una solución de continuidad al nivel de la escotadura isquiopubiana, que está sustituido por una estructura fibroconjuntiva, constituyendo una banda de tejido fibroconjuntivo corta y estrecha (a diferencia de lo que ocurre en la rata o en el humano), situada sólo en el techo de la entrada del canal isquiopubiano (Fig. 82-B). Esta estructura es el ligamento transverso acetabular. Está constituido por dos bandas de tejido fibroconjuntivo, una superior y otra inferior. La banda superior en la zona posterior se inserta sobre la cara externa del labrum en la zona isquiática, diferenciándose claramente del labrum, y en la parte anterior se inserta en la cara externa de la faceta articular del pubis.

El canal isquiopúbico está formado inicialmente por dos columnas óseas del isquion, por lo que parece más acertado llamarlo isquioisquiático, aunque la denominación de isquiopúbico es correcta ya que en la zona proximal si hay

participación en el mismo de la epífisis proximal del pubis. Dentro de la cavidad

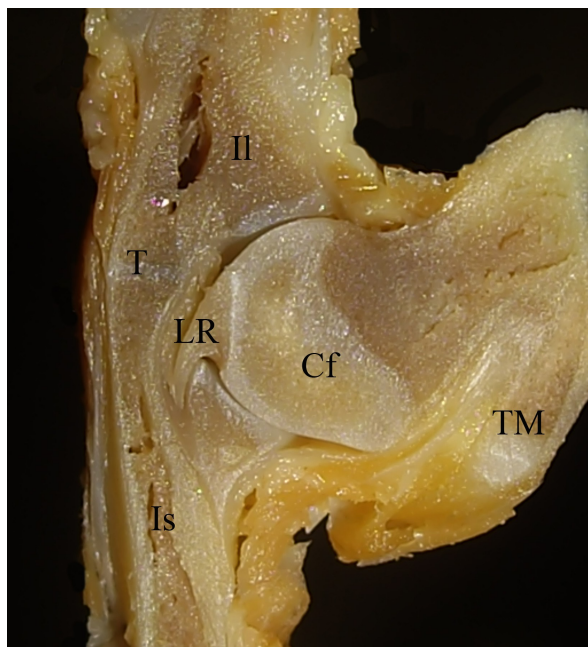


Fig. 83. Imagen macroscópica del acetábulo del conejo recién nacido. Corte sagital. Se observa una estructura semejante a de la rata. LR, ligamento redondo. Is, isquion. T, cartílago trirradiado. Cf, cabeza femoral. TM, trocánter mayor. Il, ilion.

articular del acetábulo, la porción articular se encuentra separada por el surco que deja el canal isquiopubiano en la superficie articular. En el caso del conejo de 15 días, las facetas articulares del isquion y del pubis se aproximan de tal modo que únicamente persiste una ranura que no permite comunicación entre el canal y la cavidad articular por esta ruta. El canal isquiopubiano conecta la zona exterior e interior de la cavidad acetabular, a modo de conducto cerrado, permitiendo el paso de estructuras vasculonerviosas, como se ha descrito en el humano.

La movilización del ligamento redondo no repercute en movilidad alguna del ligamento transversal o de otras estructuras anatómicas.

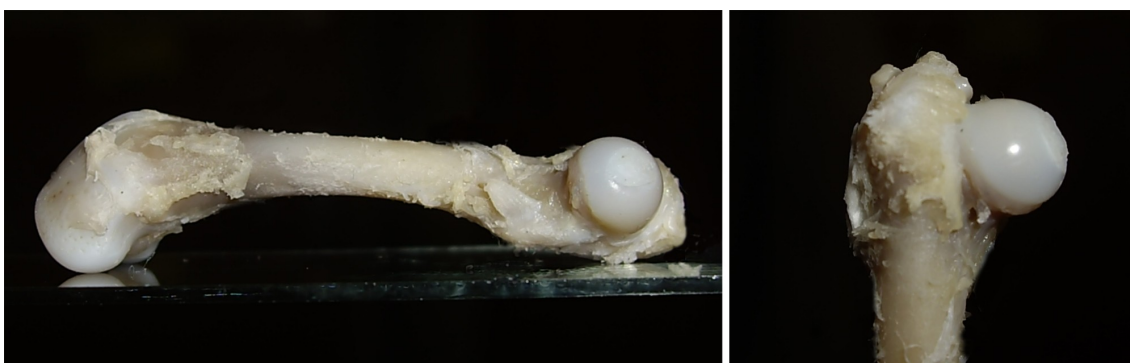


Fig. 84. Imagen macroscópica del fémur de conejo de 15 días. Se observa la anteversión del cuello femoral, en la visión medial (A) y una imagen de la epífisis proximal del fémur, visión lateral (B).

Es de destacar que el ligamento redondo no tiene las conexiones que se aprecian tanto en la rata como en el humano. Aparecen dos fascículos, uno, que se dirige hacia la zona púbica y se introduciría en el canal, y otro, que se inserta en todo el trasfondo acetabular.

El fémur presenta una configuración similar a la del humano, con presencia de una epífisis proximal y distal muy semejantes, con trocánteres mayor y menor. El fémur tiene una angulación anterior y la cabeza una anteversión de 20° con un ángulo cervico-diafisario de 115° (Fig. 84).

Conejo de 1 año.

El perfil del acetábulo es un poco más ovalado que en los animales jóvenes con un eje vertical de 9,15 mm frente a los 8,6 mm de eje transversal. El área total del acetábulo es de unos 68 mm^2 con una trasfondo de unos $17,2 \text{ mm}^2$. Persiste la pequeña estructura del ligamento transverso en el techo de la entrada del canal isquiopúbico. El surco intra-articular que separa las superficies articulares se encuentra completamente cerrado. Sobre la zona superficial de la faceta articular del pubis, y paralela al trayecto de la citada ranura, se observa una banda de tejido fibroconjuntivo de consistencia rígida y adosada al plano articular (no se puede disecar por disección roma). Esta banda tiene cierta continuidad con fibras del fascículo superior del ligamento redondo del

conejo (Fig. 85).

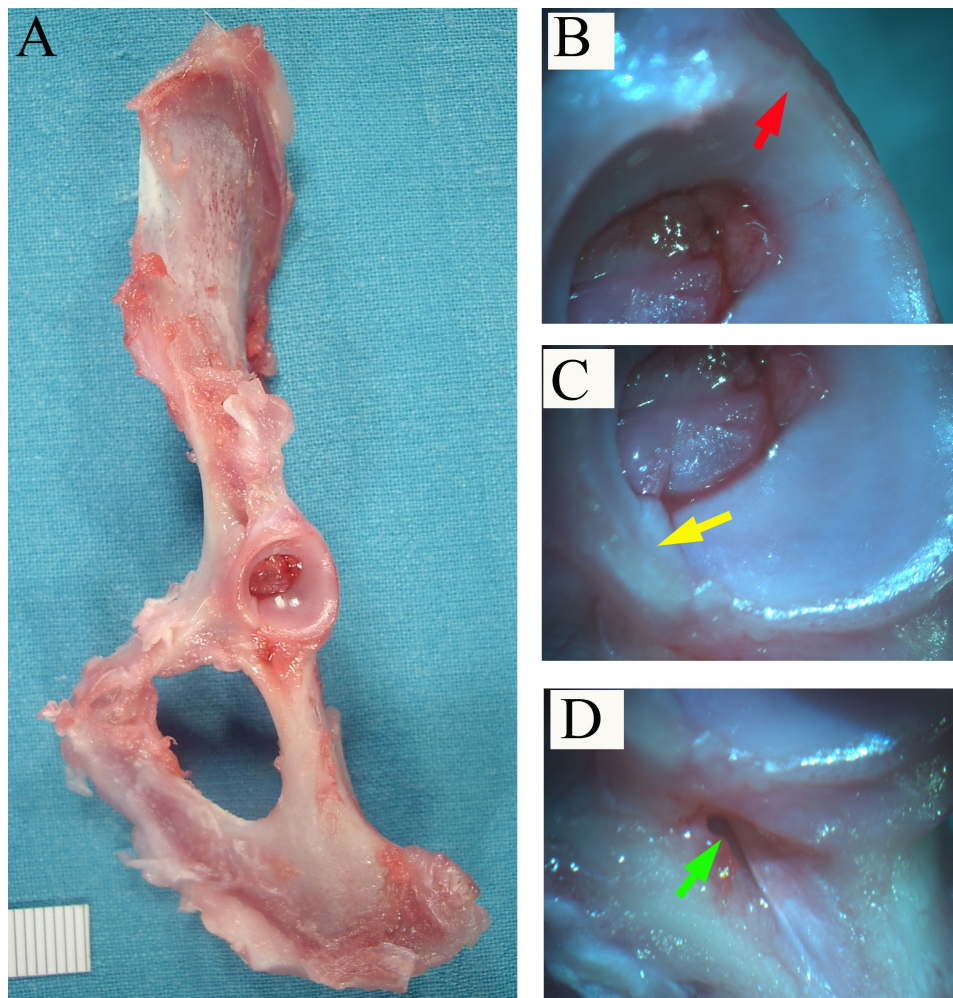


Fig. 85. Imagen macroscópica de la hemipelvis del conejo de 1 año. Visión lateral. B, C y D, detalles del acetábulo. A, detalle del techo acetabular con la ausencia de labrum pero si se observa la imagen de una cresta o reborde (flecha roja). B, detalle del suelo, se observa un tejido fibroso ancho entre isquion y pubis (flecha amarilla). C, detalle del canal isquio-pubiano (flecha verde).(escala en mm.)

La superficie articular del isquion es lisa y homogénea sin apreciarse ningún tipo de variación de altura o consistencia, de tal modo que en el reborde acetabular se redondea para formar el límite articular sin la presencia de un labrum fibroconjuntivo móvil como ocurre en la rata o el humano. El ligamento redondo no moviliza ninguna estructura al traccionarlo. Se observan fibras del ligamento redondo que salen por el agujero isquio-pubiano.

5.1.11. Estudio macroscópico del gato (*Felis silvestris*).

Reino: *Animalia*. División: *Chordata*. Clase: *Mammalia*. Orden: *Carnivora*. Familia: *Felidae*. Género: *Felis*.

Gato recién nacido.

La imagen radiográfica de la pelvis muestra una articulación compuesta por tejido cartilaginoso con predominio sobre el óseo de características similares al conejo (Fig. 86-A). Un hecho que llama la atención es que la hemipelvis presenta en nuestro espécimen una incurvación que le da un aspecto de hélice, de modo que se observa una convexidad en el eje vertical de la hemipelvis, unido a una concavidad de la zona isquiática que se incurva hacia anterior (Fig. 86-D)

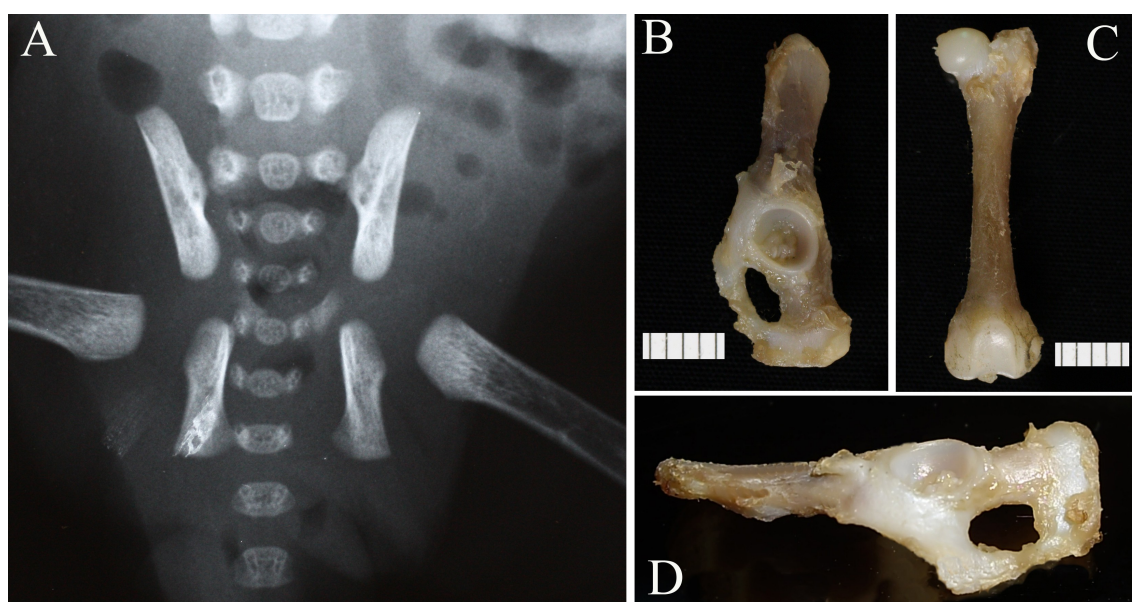


Fig. 86. Imagen radiográfica y macroscópica de la pelvis del gato recién nacido. A, imagen radiográfica en proyección anteroposterior de la pelvis del gato, se aprecia la naturaleza no ósea de la cadera. B, imagen macroscópica de la hemipelvis del gato (visión anterior). C, imagen macroscópica del fémur del gato, visión lateral. D, imagen macroscópica de la hemipelvis del gato (visión lateral), se observa una incurvación en forma de hélice.(escala en mm.)

Resultados

La cavidad cotiloidea es ligeramente ovalada con un eje horizontal mayor de 3,8 mm. respecto del eje vertical de 3,36 mm. El contorno de la cavidad cotiloidea se encuentra rodeado por un labrum o rodete fibrocartilaginoso, el área del cotilo es de aproximadamente 10,5 mm². El ligamento transverso mide 0,63 mm. y el ligamento redondo tiene una anchura de 1,5 mm. La superficie articular es lisa y nacarada en forma de herradura (Fig. 87).

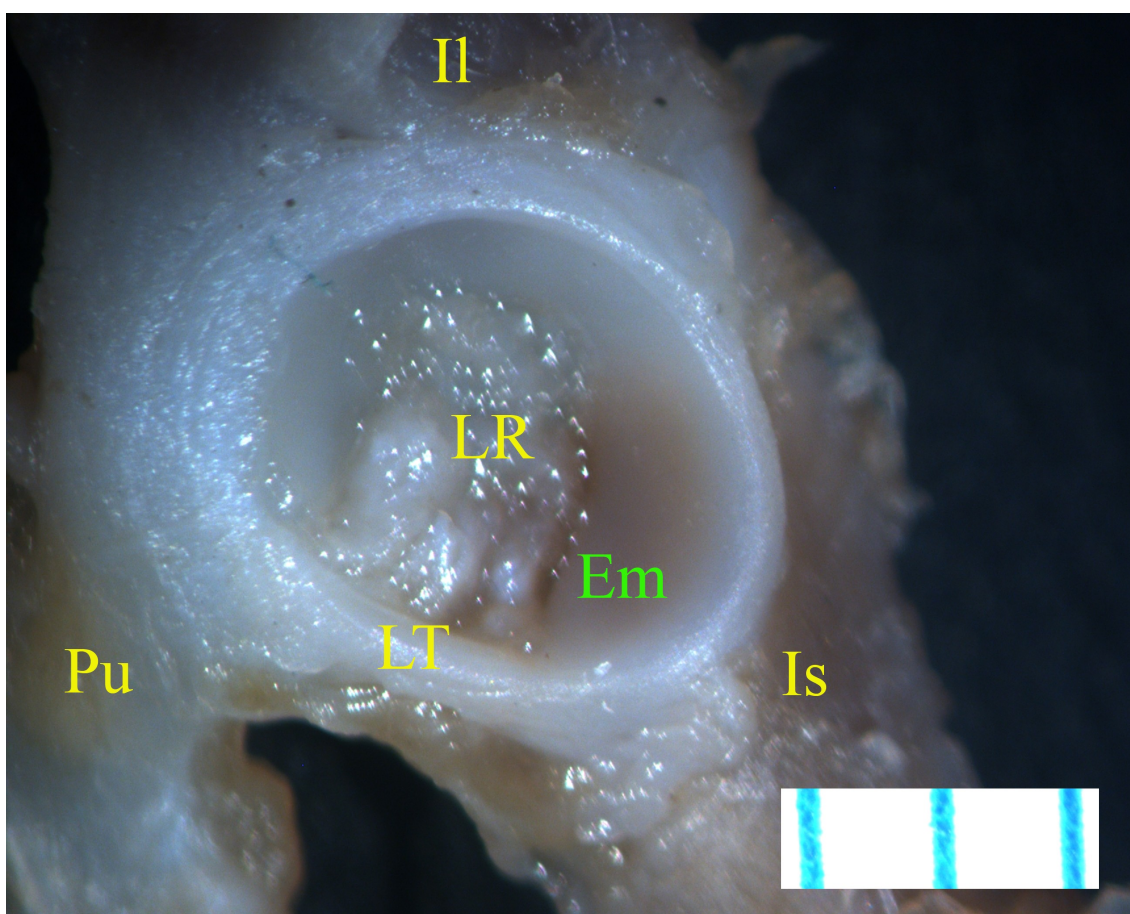


Fig. 87. Imagen macroscópica del acetábulo de un gato recién nacido. Visión lateral. Se observa la preponderancia de tejido cartilaginoso, así como un ligamento transverso (LT) ancho que se continúa con la estructura meniscoide (Em). Il, ilion. Pu, pubis. LR, ligamento redondo. Is, isquion.(escala en mm.)

El ligamento redondo se inserta desde la cabeza femoral a través de varios fascículos que van al pulvinar, al ligamento redondo y al reborde de isquion y pubis.

Resultados

Destaca un ligamento transverso de grosor considerable que da paso a un agujero isquio-pubiano por el que se salen fibras del ligamento redondo. En el suelo del acetábulo podemos identificar una estructura meniscoide que guarda relación con el ligamento redondo, mediante fibras adyacentes a esta estructura, y con el ligamento transverso que le da la continuidad con el labrum acetabular (Fig. 87). La movilización del ligamento redondo produce movilizaciones tanto de la estructura meniscoide, que se eleva, como del ligamento transverso que se evierte.

El fémur ofrece un aspecto muy similar al humano o al conejo, con presencia de cabeza femoral redondeada y con trocánter mayor.

5.1.12. Estudio macroscópico de la oveja (*Ovis aries*).

Reino: *Animalia*. División: *Chordata*. Clase: *Mammalia*. Orden: *Artiodactyla*. Familia: *Bovidae*. Género: *Ovis*.

El espécimen analizado es un animal recién nacido.

El acetábulo está delimitado por el labrum fibrocartilaginoso que se puede separar con mucha facilidad del reborde óseo. La forma del acetábulo es circular pero no del todo regular, ya que presenta un eje mayor paralelo al coxal que mide 13 mm frente al diámetro transversal que mide 12,3 mm. Hay presencia de trasfondo donde se sitúa el ligamento redondo, que parece estar formado por dos fascículos, aunque se ven expansiones hacia el pulvinar, que aparece muy succulento. La superficie que ocupa el acetábulo mide aproximadamente 140 mm². La superficie articular es lisa y presenta un trasfondo que tiene una forma de triángulo equilátero de base superior. Se puede observar de forma difusa la imagen del cartílago trirrariado que se observa por transparencia. El ligamento redondo es blanquecino con una longitud de 5,79 mm. y una anchura de 2,87 mm (Fig. 88).

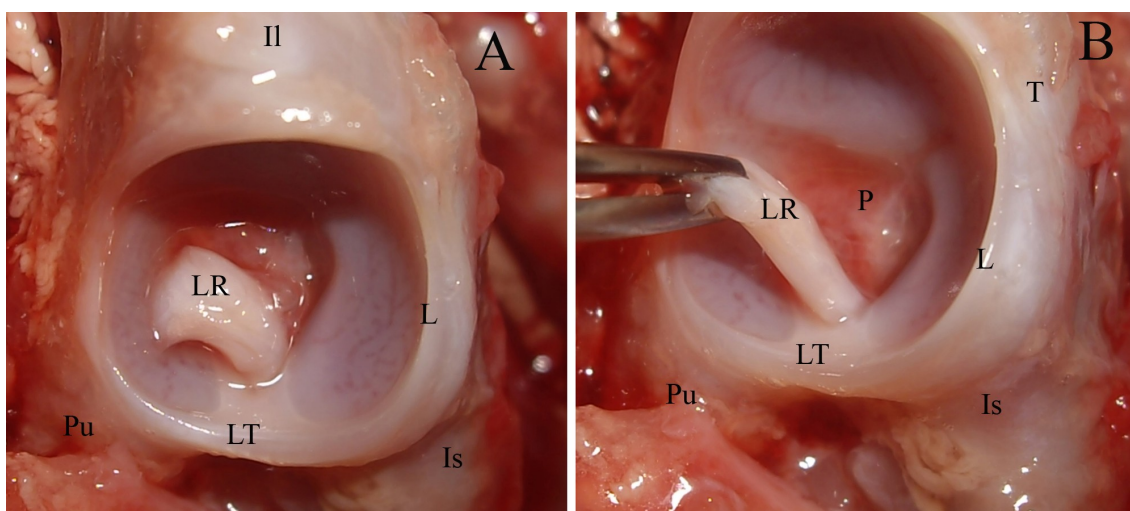


Fig. 88. Imagen macroscópica del acetábulo de una oveja recién nacida. A, visión lateral, se observa la forma circular del acetábulo. B, visión lateral, se observa el suelo del acetábulo y como la tracción del ligamento redondo (LR) afecta poco a las estructuras del suelo del acetábulo. LT, ligamento transverso. Il, ilion. Pu, pubis. Is, isquion. L, labrum. P, pulvinar.

Resultados

En el suelo del acetábulo no se observa la presencia de la estructura meniscoide, pero si se aprecia un tejido fibrocondral que se sitúa entre el isquion y el pubis haciendo de techo del canal isquio-pubiano, en íntima relación con el ligamento transverso. Esta estructura se puede movilizar al traccionar del ligamento redondo. También se observa que hay fibras del ligamento redondo que salen por el canal isquio-pubiano que salen para unirse a la columna del isquion.

5.1.13. Estudio macroscópico del primates.

Reino: *Animalia*. División: *Chordata*. Clase: *Mammalia*. Orden: *Primates*. Familia: *Callitrichidae*. Género: *Callithrix*.

Tití Común (*Callithrix jacchus*).

El espécimen corresponde a un titi macho recién nacido. En los pasos previos a la exposición del cotilo se observa que la cobertura de la cabeza por el acetábulo es muy deficiente y desproporcionada al tamaño del coxal (Fig. 89-B). En la disección se observa que el músculo psoas iliaco presenta una implantación muy baja de las fibras musculares, que alcanzan la raíz del tendón. La masa muscular se apoya en la cara anterior del cuello del fémur. La cápsula se observa poco consistente. El ligamento redondo va desde la fovea capitis a la parte anteroinferior del acetábulo, insertándose por encima del canal isquiopúbico, (dentro del acetábulo) y se observan dos fascículos en el ligamento redondo. El diámetro del cotilo es de 3 mm con un área de 29,3 mm². El labrum tiene un grosor de 0,3 mm con un ligamento redondo de 1,1 mm de anchura. El eje longitudinal de la hemipelvis es de 17 mm y el fémur tiene 22,3 mm de longitud.

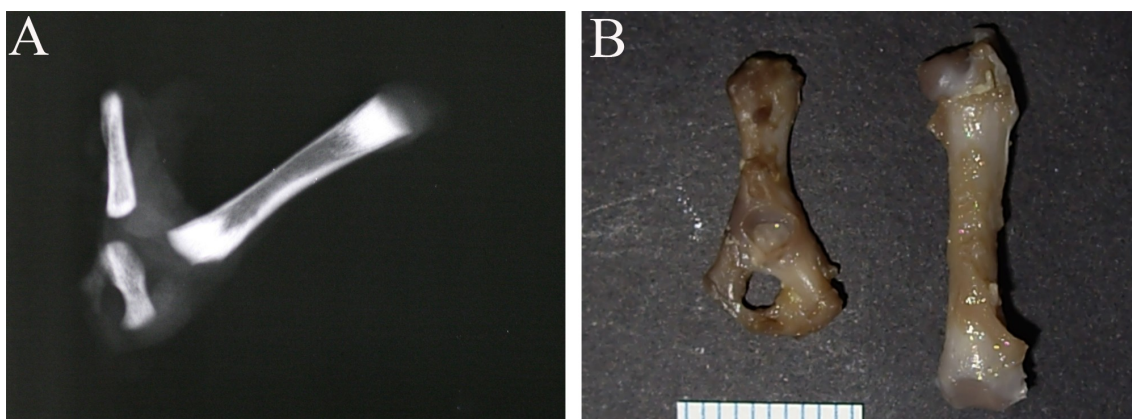


Fig. 89. A, imagen radiográfica anteroposterior de la hemipelvis del titi, se observa como predomina el tejido no óseo en la articulación. B, imagen macroscópica del coxal o hemipelvis y el fémur.(escala en mm.)

Resultados

Al traccionar del ligamento redondo se evierte el labrum inferior. Éste tiene una forma en meseta hacia la superficie articular. El ligamento redondo tiene un fascículo anterior que se inserta en la parte anterior del ligamento transverso (Fig. 90-A). Al tirar de éste se mueve el suelo del acetábulo. El ligamento transverso se sitúa en la escotadura isquiopúbica, muy interiorizada en el titi, prácticamente se encuentra en la parte posterior del pubis. En la parte posterior, el ligamento transverso se continúa con una zona del labrum que deja una “meseta” articular que penetra en el acetábulo. Esta zona finaliza por su cara externa en el reborde cotiloideo en la parte posterior. En la visión con lupa, se observa un declive o surco entre esta zona y el rodete cotiloideo. En la tracción externa del ligamento transverso y de la parte inferior del labrum descrita se moviliza el tejido situado sobre el isquion. Esta región inferior del labrum toma una apariencia parecida al menisco. Esto se observa mejor en la visión vertical del acetábulo (Fig. 90-B).

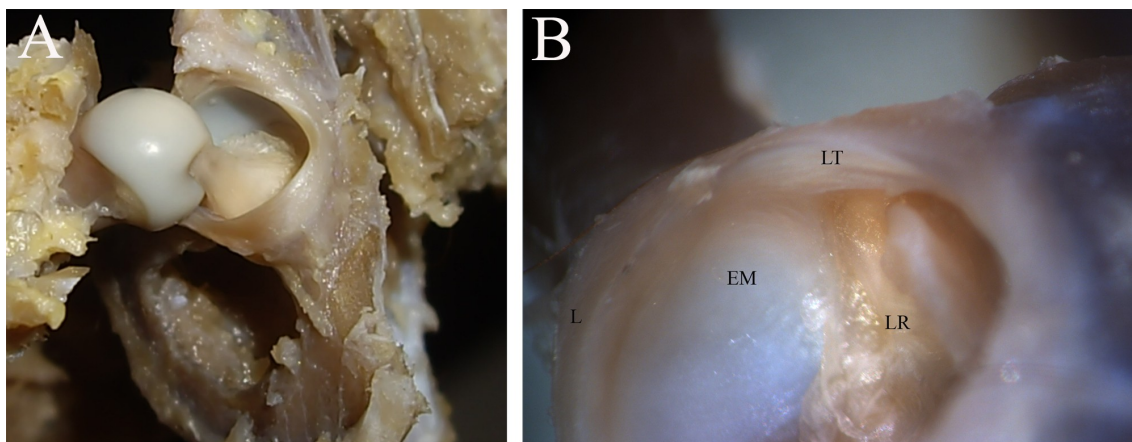


Fig. 90. Imagen macroscópica del acetábulo del titi. A, imagen macroscópica de la articulación del titi. Visión anterior, se observa como el ligamento redondo tiene forma de tienda de campaña con un inserción amplia en acetábulo. B, imagen macroscópica del suelo acetabular desde craneal, donde se aprecia la íntima relación espacial entre la estructura meniscoide (EM), el ligamento redondo (LR) y el ligamento transverso (LT).

Resultados

Mono adulto. Macaco Rhesus (Macaca mulatta)

Reino: *Animalia*. División: *Chordata*. Clase: *Mammalia*. Orden: *Primates*.
Familia: *Cercopithecidae*. Género: *Macaca*.

El acetábulo es circular con un diámetro de 16,5 mm y un área de 236 mm², con una superficie articular en forma de herradura de manera similar a la faceta articular (*facies lunata*) semilunar del humano. El trasfondo es óseo y carece de cartílago, tapizado por tejido fibroadiposo, de modo que la superficie no articular es de aproximadamente 97 mm² (Fig. 91-B).

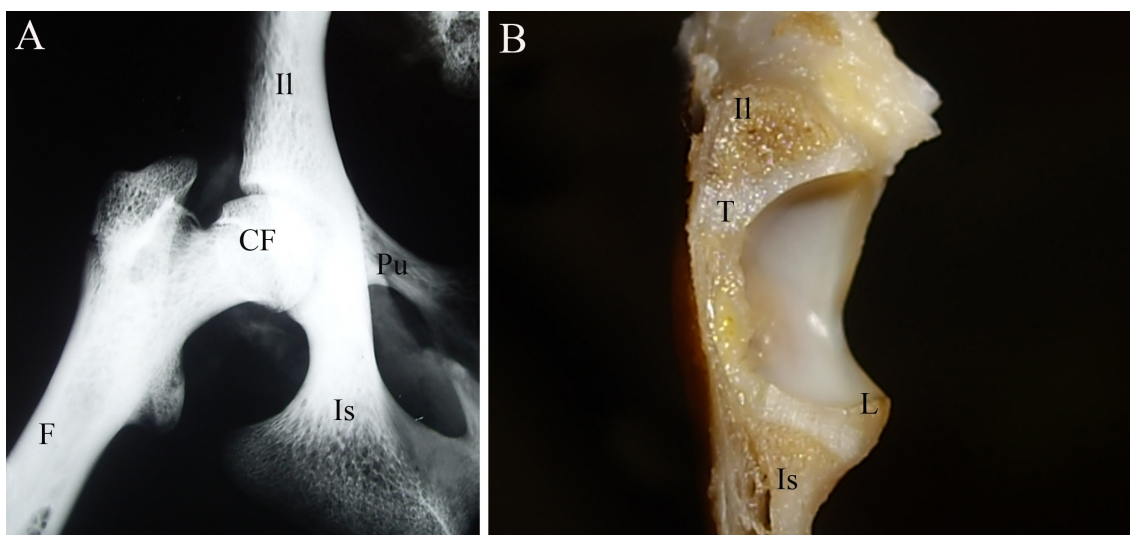


Fig. 91. A, imagen radiográfica anteroposterior de la cadera de un mono, se observa la buena cobertura de la cabeza femoral (CF), así como un isquion (Is) ancho. B, imagen macroscópica del acetábulo cortado en su eje longitudinal. Visión lateral. Se aprecia la continuidad entre el cartílago articular y el cartílago trirradiado (T). En el suelo, se observa el isquion (Is) con el labrum (L). Il, ilion.

El ligamento redondo es una estructura tubular formada por tres fascículos y tiene un grosor que varía desde 4,5 a 5,6 mm de ancho (Fig. 92-A). Uno se dirige desde la cabeza femoral al pulvinar en forma de tronco de cono con base en el tejido fibroadiposo. Hay otro fascículo (que en el humano es denominado pubiano) que se dirige hacia el ligamento transverso en su zona medial y anterior con fibras que se unen

Resultados

al tejido fibroadiposo que emerge por el orificio isquiopúbico, de tal modo que la tracción del ligamento redondo moviliza al tejido extra-articular que sale del orificio antes señalado y viceversa, de modo que al tirar mueve al ligamento redondo. El último fascículo (que es denominado isquiático en el humano) se insertaría en la zona medial y posterior del ligamento transverso y su tracción no repercute en el tejido fibroadiposo que sale del orificio isquiopúbico.

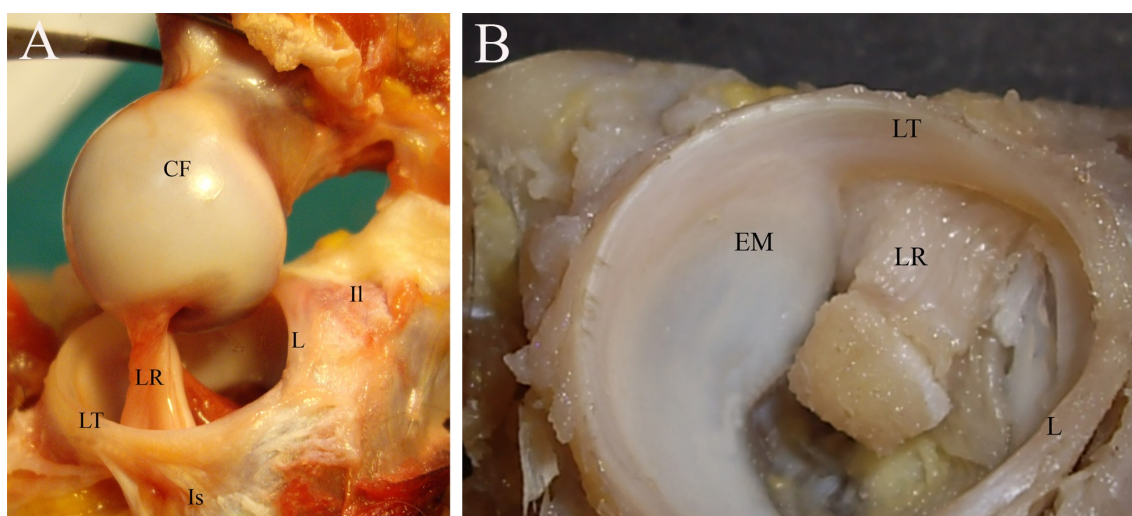


Fig. 92. A, imagen macroscópica del acetábulo del mono, donde se observa el ligamento redondo (LR) en forma de tronco de cono con fibras que se dirigen al isquion (Is) y al pulvinar. Il, ilion. LT, ligamento transverso. B, imagen macroscópica del suelo del acetábulo, en donde se aprecia la continuidad entre el labrum (L) y el ligamento transverso (LT). El ligamento redondo (LR) está en contacto con la estructura meniscoide (EM) y el borde interno del ligamento transverso (LT).

El ligamento transverso se sitúa en continuación con el labrum o rodete cotiloideo y forma el techo del orificio isquiopúbico. Es una estructura acintada que presenta una cara articular que se continúa una superficie condral sobre el pubis que tiene un aspecto meniscoide (Fig. 92-B). Esta estructura está unida al hueso que lo soporta de forma rígida y que obliga a una disección con bisturí para poder separarla, igual que el resto de la faceta semilunar (Fig. 93). De este modo se puede disecar toda la superficie articular en un bloque formado por la superficie articular del acetábulo acompañado de la estructura meniscoide, el labrum con el ligamento transverso y el

Resultados

ligamento redondo. Demostrando que entre estas estructuras que conforman el suelo del acetábulo hay una gran relación anatómica y espacial que las hacen actuar en bloque y de manera relacionada.

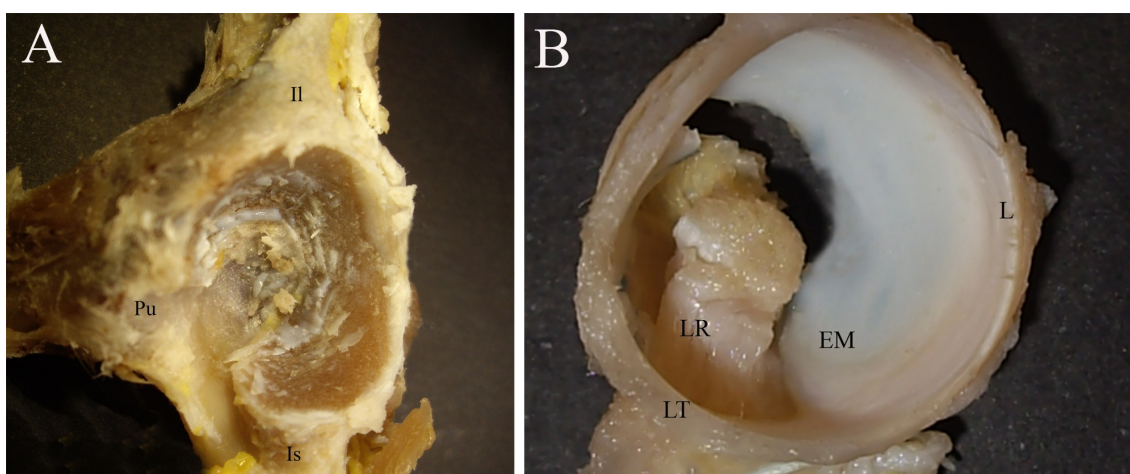


Fig. 93. A, imagen macroscópica del acetábulo del mono tras disecar toda la superficie articular, queda la estructura ósea formada por ilion (II), isquion (Is) y pubis (Pu). Se aprecia el suelo acetabular formado esencialmente por el isquion. B, imagen macroscópica de la superficie articular disecada de la pieza de la imagen anterior. Se observa la superficie articular del isquion rodeada de la estructura meniscoide. El labrum (L) se continúa con el ligamento transversal (LT). LR, ligamento redondo.

En el estudio histológico del acetábulo del mono se puede observar una estructura semejante a la del humano (Fig. 94-A). El ligamento transversal es una estructura en continuación con el labrum que se observa fibroso (Fig- 94-B).

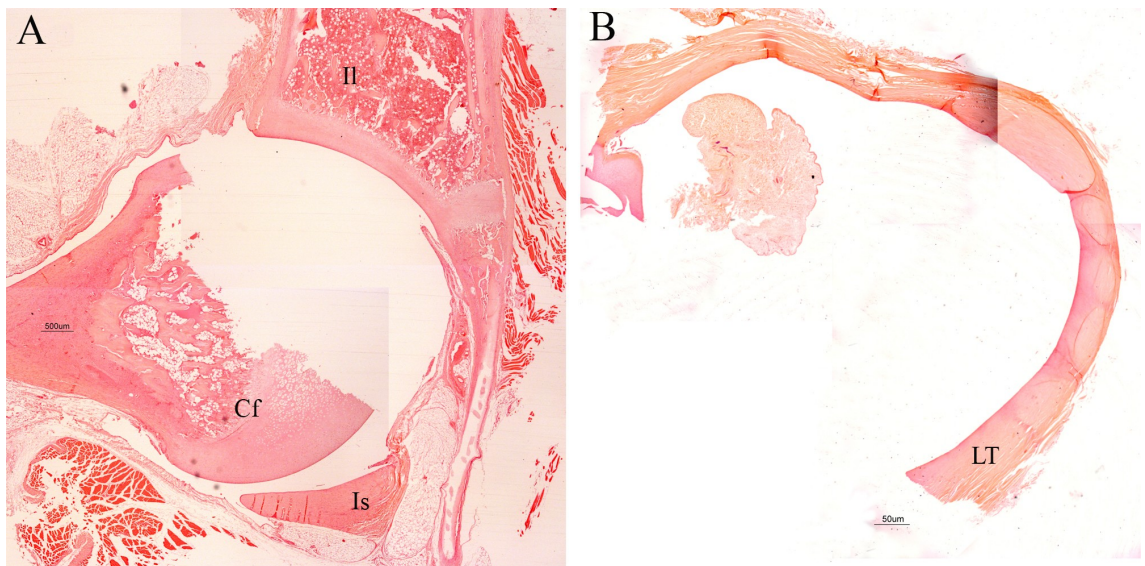


Fig. 94. Histofotomicrografía de un corte de cadera de macaco. Corte coronal. A, imagen de la cabeza femoral (Cf), con pérdida parcial de su estructura, y del acetábulo en el que puede verse el ilion (Il) y el isquion (Is). B, imagen del ligamento transverso. (HE, 2x)

5.1.14. Estudio macroscópico del humano.

Reino: *Animalia*. División: *Chordata*. Clase: *Mammalia*. Orden: *Primates*. Familia: *Hominidae*. Género: *Homo*.

Hemos evaluado tres especímenes de fetos humanos comprobando la anatomía del acetábulo de ellos, así como si tienen similitudes con la rata tanto en su morfología como en el comportamiento de los componentes del suelo acetabular antes los movimientos del ligamento redondo en los distintos planos del espacio.

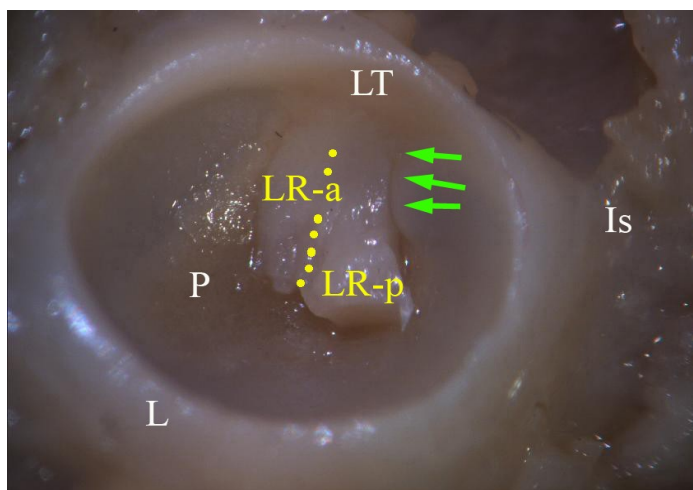


Fig. 95. Imagen macroscópica del acetábulo de feto humano de 16 semanas (caso 09-1). Se observa un ligamento redondo con dos fascículos (separado por la línea de puntos), uno anterior (LR-a) y otro posterior (LR-p). Éste último en contacto con la estructura meniscoide (flechas verdes). L, labrum. Is, isquion. LT, ligamento transverso.

Feto 09-1. Corresponde a un feto varón de 16 semanas tiempo (longitud cráneo-caudal¹⁰⁷ de 11 cm.). Se descubre la cavidad cotiloidea derecha. El reborde cotiloideo es cartilaginoso y se aprecia como abunda más la estructura de este tipo que la ósea. El acetábulo presenta una altura de 5,2 mm de longitud frente a un ancho de 5,3 mm con

Resultados

un área de 21 mm². El ligamento redondo tiene 2,7 mm de longitud y 1,4 mm de ancho y su forma es aplanado o acintado pudiéndose identificar dos fascículos que denominamos anterior y posterior dada su posición espacial. El fascículo anterior acintado se inserta en el ligamento transversal, en la región del suelo. El otro fascículo, situado más posterior, se inserta por detrás del anterior en el ligamento transversal y está en íntima relación con la estructura meniscoide isquiática, de modo que parece no existir solución de continuidad entre una y otra. Del fascículo anterior o pubiano salen unos tractos conjuntivos que fijan el ligamento redondo al pulvinar y que están recubiertos de sinovial (Fig. 95).

En la superficie articular del isquion se aprecia una estructura meniscoide que se puede mover o desplazar sobre el fondo del acetábulo y que, como hemos señalado antes, se observa sin solución de continuidad con el ligamento redondo a través de su fascículo isquiático o posterior (Fig. 95).

Se realizaron pruebas dinámicas para ver como repercute la tracción de los dos fascículos del ligamento redondo y del ligamento en su conjunto. Las direcciones elegidas son hacia craneal (hacia el techo del acetábulo), hacia anterior y hacia posterior.

Fascículo anterior del ligamento redondo:

1. Tracción hacia craneal, se produce una eversión del ligamento transversal y ligero pliegue del mismo (Fig. 96-A).
2. Tracción hacia anterior, se produce discreta eversión del LT, discreto pliegue del mismo y ligera elevación de la estructura meniscide (Fig. 96-B).
3. Tracción hacia posterior, discreta eversión del LT con discreto pliegue (Fig. 96-C).

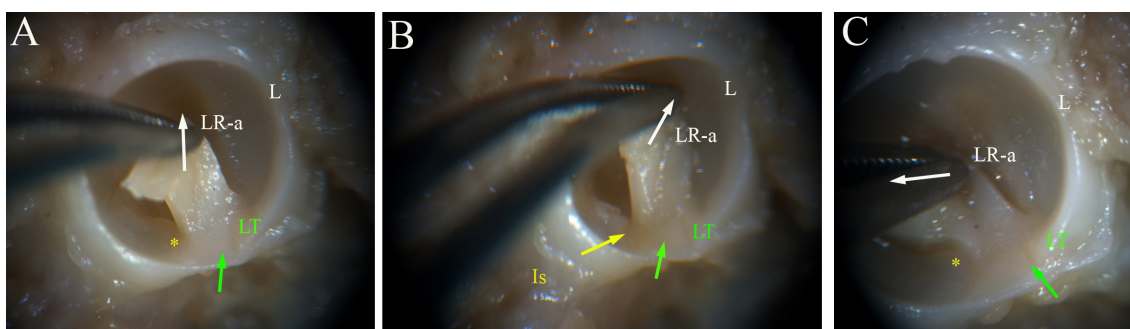


Fig. 96. Imagen macroscópica del acetábulo del feto de 16 semanas tras tracciones del fascículo anterior del ligamento redondo (feto 09-1). A, tracción hacia craneal, se produce una eversión del ligamento transverso (flecha verde) y ligero pliegue del mismo. B, tracción hacia anterior, se produce discreta eversión del LT (flecha verde), discreto pliegue del mismo y ligera elevación de la estructura meniscoide (flecha amarilla). C, tracción hacia posterior, discreta eversión del LT con discreto pliegue (flecha verde). La estructura meniscoide no se afecta (asterisco amarillo). LT, ligamento transverso. LR-a, fascículo anterior del ligamento redondo. L, labrum.

Fascículo posterior del LR:

1. Tracción hacia craneal, se objetiva eversión del LT, discreto pliegue del mismo y ligero levantamiento de la estructura meniscoide (Fig. 97-A).
2. Tracción hacia anterior, se produce eversión del LT y elevación de la estructura meniscoide (Fig. 97-B).

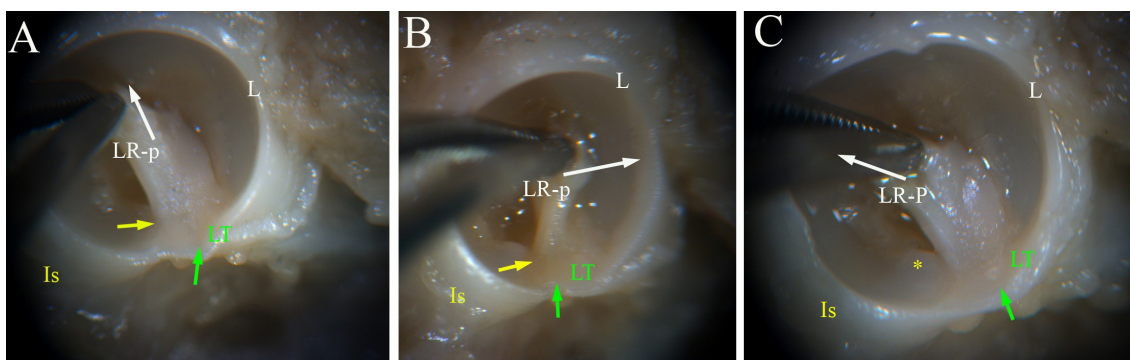


Fig. 97. Imagen macroscópica del acetábulo del feto de 16 semanas tras tracciones del fascículo posterior del ligamento redondo (feto 09-1). A, tracción hacia craneal, se produce una eversión del ligamento transverso (flecha verde) , ligero pliegue del mismo y levantamiento de la estructura meniscoide (flechas amarilla). B, tracción hacia anterior, se produce discreta eversión del LT (flecha verde) y elevación de la estructura meniscoide (flecha amarilla). C, tracción hacia posterior, discreta eversión del LT (flecha verde). La estructura meniscoide no se afecta (asterisco amarillo). LT, ligamento transverso. LR-a, fascículo anterior del ligamento redondo. L, labrum.

3. Tracción hacia posterior, se observa discreta eversión del LT (Fig. 97-C).

Ligamento redondo en su conjunto:

1. tracción hacia craneal, se aprecia eversión del ligamento transverso y elevación de la estructura meniscoide (Fig 98-A).
2. tracción hacia anterior, eversión del ligamento transverso y elevación de la estructura meniscoide (Fig. 98-B)
3. tracción hacia posteriores, eversión del ligamento transverso (Fig. 98-C)

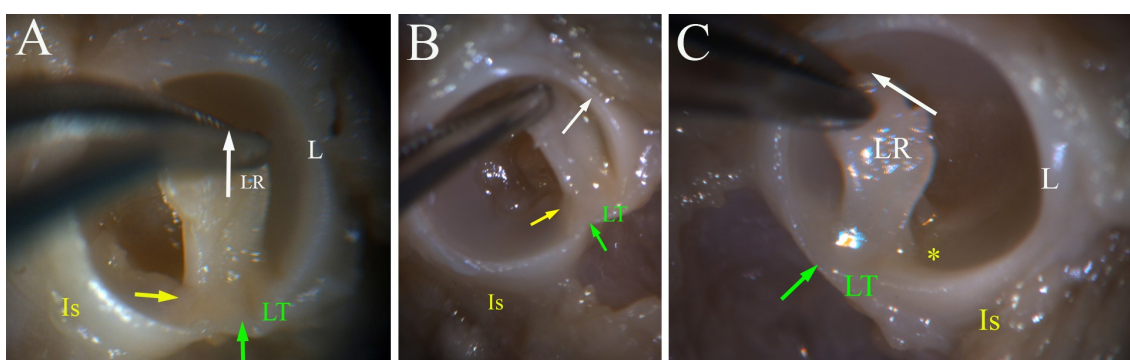


Fig. 98. Imagen macroscópica del acetábulo del feto de 16 semanas tras tracciones de todo el ligamento redondo (feto 09-1). A, tracción hacia craneal, se produce una eversión del ligamento transverso (flecha verde) y levantamiento de la estructura meniscoide (flechas amarilla). B, tracción hacia anterior, se produce discreta eversión del LT (flecha verde) y elevación de la estructura meniscoide (flecha amarilla). C, tracción hacia posterior, produce eversión del LT (flecha verde). La estructura meniscoide no se afecta (asterisco amarillo). LT, ligamento transverso. LR-a, fascículo anterior del ligamento redondo. L, labrum.

Feto 09-2. Feto de 33 semanas¹⁰⁷. El acetábulo es circular con un diámetro de 13 mm, con un ligamento redondo de 7,3 mm de anchura y 7,1 mm de longitud, con 149,1 mm de superficie del acetábulo. Se observa un amplio trasfondo cubierto por el pulvinar al que se inserta el ligamento redondo. Se aprecia una estructura meniscoide en el suelo del acetábulo sobre el isquion y en íntimo contacto con el ligamento redondo. Se realiza un corte sobre el isquion, perpendicular a su superficie (Fig. 99).

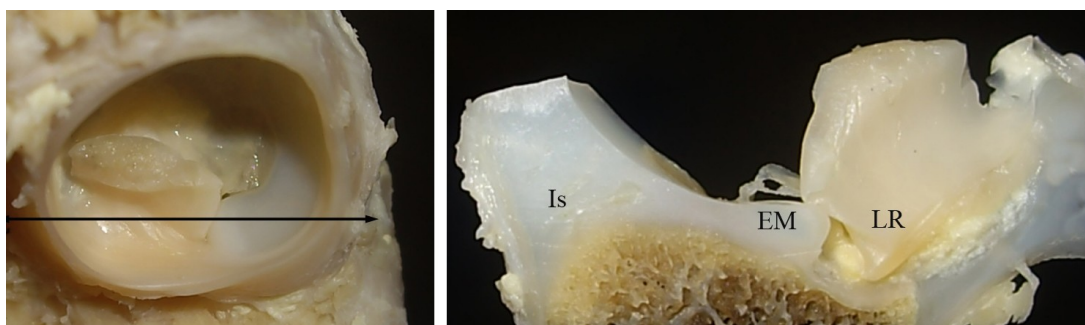


Fig. 99. Imagen macroscópica del acetábulo de un feto humano de 33 semanas. A, imagen del acetábulo visto desde craneal, se señala con una flecha la zona del corte. B, imagen del corte del suelo del acetábulo humano. Se observa la elevación de la superficie del isquion (Is) que constituye la estructura meniscoide (EM), en contacto con el ligamento redondo (LR).

Cuando se analiza histológicamente se observa en la zona del isquion, un zona elevada con un tejido fibro-cartilaginoso que presenta una separación espacial respecto del isquion y su superficie articular. Cuando se tiñe con rojo Sirio podemos apreciar su naturaleza formada por colágeno a diferencia de la superficie articular isquiática (Fig. 101).

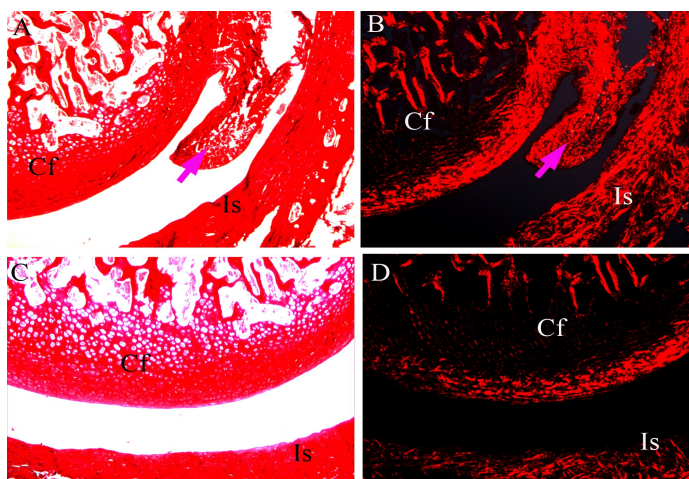


Fig. 100. Histofotomicrografía de un corte de acetábulo humano de 33 semanas. Corte transversal. Detalle de la cabeza femoral y del acetábulo. A, tinción con picrosirio y visión con luz normal, imagen de la zona de inserción del ligamento redondo (flecha rosa) a la cabeza. B, misma imagen con luz polarizada. C, tinción con picrosirio, imagen de la superficie articular de la cabeza femoral y el acetábulo. D, misma imagen con luz polarizada. (rojo Sirio, 2x)

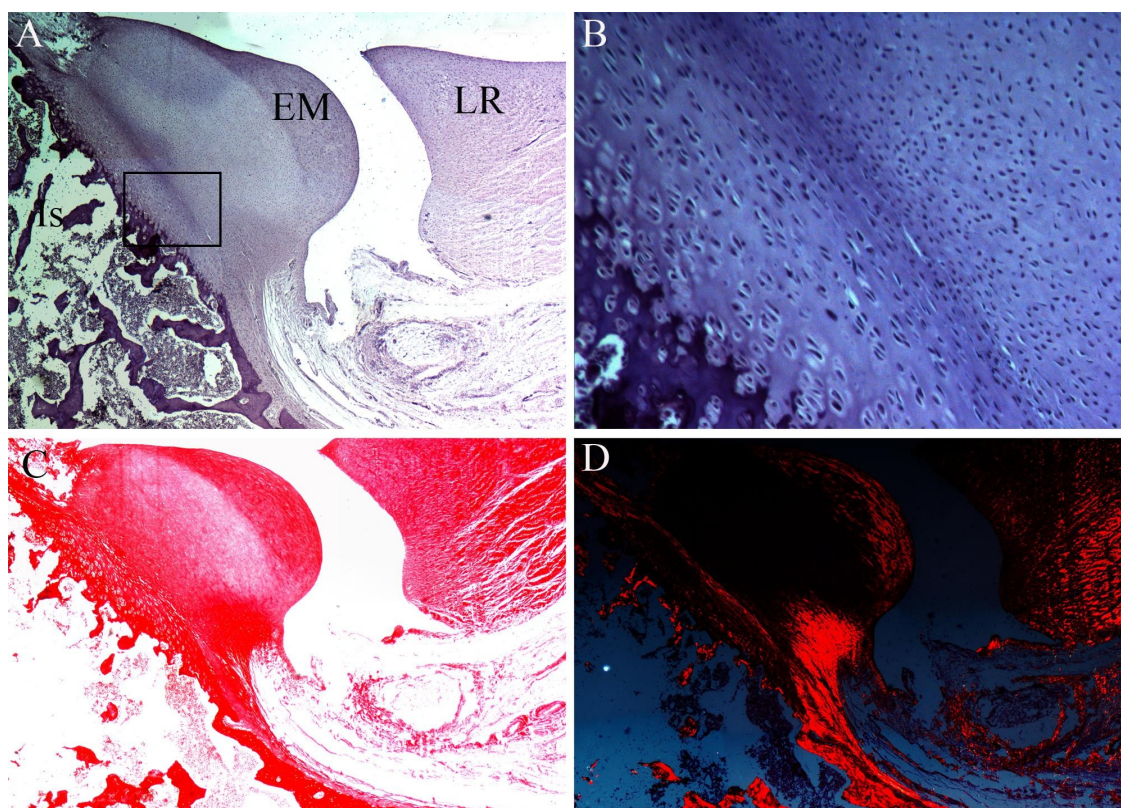


Fig. 101. Histofotomicrografía de la estructura meniscoide en el feto humano de 33 semanas. A, se observa la relación entre la estructura meniscoide (EM) y el ligamento redondo (LR), se señala con un recuadro una zona entre la estructura meniscoide y el isquion (HE, 4x). B, detalle de la zona antes señalada a 10x. C, tinción con picrosirio y visión con luz normal. D, imagen anterior con luz polarizada, se observa, gracias a la birrefringencia, la composición colágena de la estructura meniscoide y del ligamento redondo (4x).

Feto30/1. Corresponde a un feto varón de 37 semanas de edad (estimado por la longitud del fémur de 7 cm¹⁰⁷). Se disecciona la articulación coxofemoral y se procede a la artrotomía seccionando la cápsula lo más próximo posible al cuello femoral, lo que permite apreciar las relaciones entre la cápsula y el reborde del labrum y del ligamento transverso con los que está en íntima relación. El aspecto del acetábulo es similar al del feto 09-1 aunque está menos desarrollado que éste (Fig. 101).

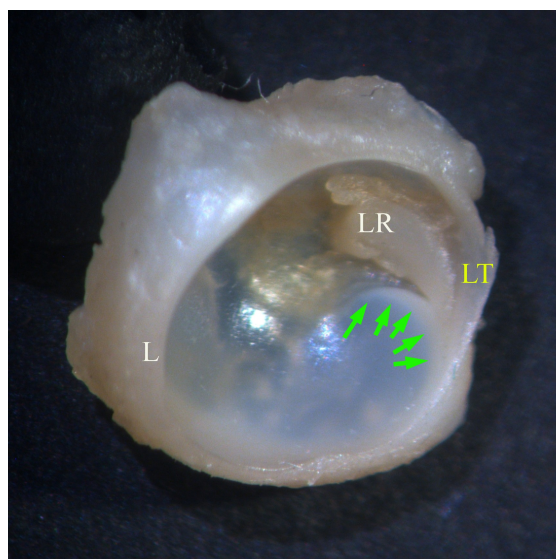


Fig. 102. Imagen macroscópica del acetábulo de un feto humano de 37 semanas. Visión desde craneal. Se señala la estructura meniscoide (flechas verdes) y se observa su relación con el ligamento transverso (LT) y el ligamento redondo (LR).

Se aprecia la estructura meniscoide la cara articular isquiática y el LR se ve como una cinta sin fascículos evidentes, con un tracto fibroso que se une al pulvinar en la zona anterior o púbica (Fig. 102 y 103).

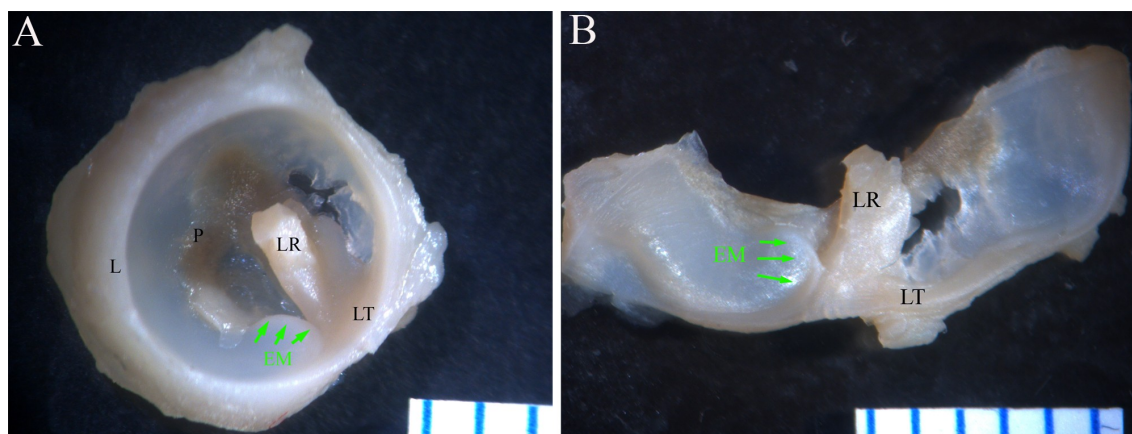


Fig. 103. Imagen macroscópica del acetábulo de un feto humano de 37 semanas y de la estructura meniscoide. Visión desde craneal. A, se señala la estructura meniscoide (flechas verdes) y se observa su relación con el ligamento transverso (LT) y el ligamento redondo (LR). B, una vez estirado el suelo se observa la continuidad del ligamento transverso (LT), el ligamento redondo (LR) y la estructura meniscoide (EM-flechas verdes) (escala en mm.)

Resultados

Dado el tamaño del LR no es posible separar fascículos y hacer tracciones separadas por lo que se realiza la tracción del LR en su conjunto.

Ligamento redondo en su conjunto:

1. Tracción hacia craneal, se aprecia aplanamiento del LT y discreta elevación de la estructura meniscoide.
2. Tracción hacia anterior, discreta elevación de la estructura meniscoide.
3. Tracción hacia posterior, ligero aplanamiento del ligamento transverso y ligera elevación del meniscoide.

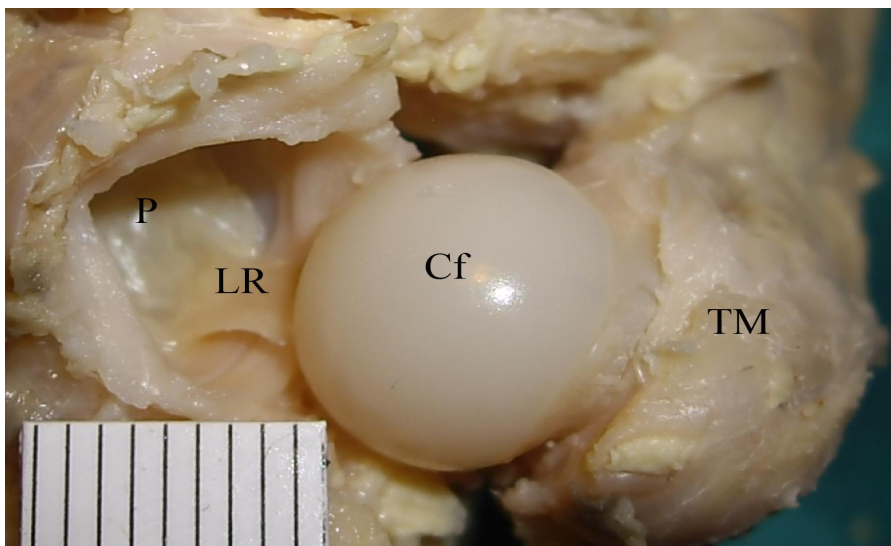


Fig. 104. Imagen macroscópica del acetábulo de un feto de 37 semanas. Cf, cabeza femoral. TM, trocánter mayor. LR, ligamento redondo. P, pulvinar.(escala en mm.)

Adulto.

Caso 001: Corresponde al acetábulo de un adulto varón de 80 años. La forma del cotilo es circular. La altura de la cavidad acetabular es de 5,51 cm frente a los 5,55 cm de ancho con área de 26,90 cm². La longitud del ligamento redondo es de 1,90 cm con una anchura de 1,64 cm. El acetábulo muestra signos de envejecimiento con lesiones

Resultados

labrales en la zona superior, así como un aspecto más fibroso en las zonas anteriores y posteriores del mismo con pérdida del aspecto cartilaginoso y presentando un color más apagado, con menor brillo y con color marrón. El cartílago también presenta zonas de envejecimiento en el reborde del pulvinar y en el techo. Este presenta un aspecto menos succulento con más abundancia del tejido adiposo (Fig. 105-A).

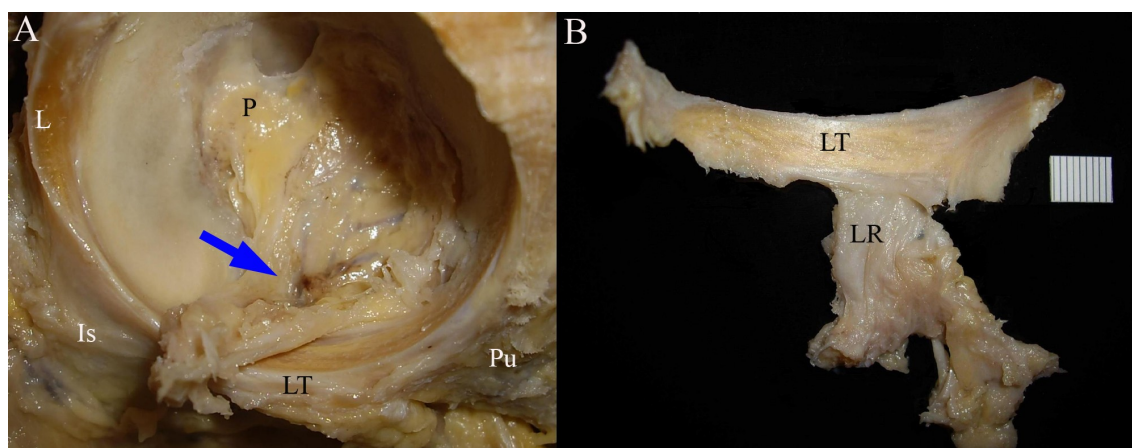


Fig. 105. Imagen macroscópica del acetábulo humano adulto. A, imagen del suelo del acetábulo, se observa las inserciones del ligamento redondo (flecha azul) con el pulvinar (P). B, se ha disecado el ligamento transverso (LT) y el ligamento redondo (LR) y se observa la íntima relación espacial entre ambas estructuras. Is, isquion, Pu, pubis. L. labrum.(escala en mm.)

El ligamento transverso se caracteriza por su aspecto más fibroso y de color marrón, de modo que hace más contraste con la zona del cartílago del pubis y el isquion. Se aprecian como hay fibras del ligamento que se continúan imperceptiblemente con el labrum tanto hacia el reborde anterior como hacia el posterior, y que mostrarán zonas igualmente fibrosadas en la zona más anterior y posterior de dicho reborde o labrum cotiloideo. También se aprecian las fibras del ligamento transverso insertándose en el reborde del isquion, en la zona que hemos denominado meniscoide, zona que presenta ciertos signos de envejecimiento del cartílago. Llama la atención, que hay una fibras en la zona más profunda o intra-articular del ligamento transverso y que no parecen haber sufrido el proceso de envejecimiento que hemos evidenciado en el ligamento transverso y que están en íntimo contacto con el ligamento redondo (Fig. 105-B).

Resultados

Caso 002: Parece corresponder a un adulto mujer de 80 años. Se aprecia un tendón del músculo psoas iliaco muy potente situado en la cara anterior del acetábulo haciendo una impronta en el mismo tan importante que deja una cápsula traslúcida (Fig. 106).

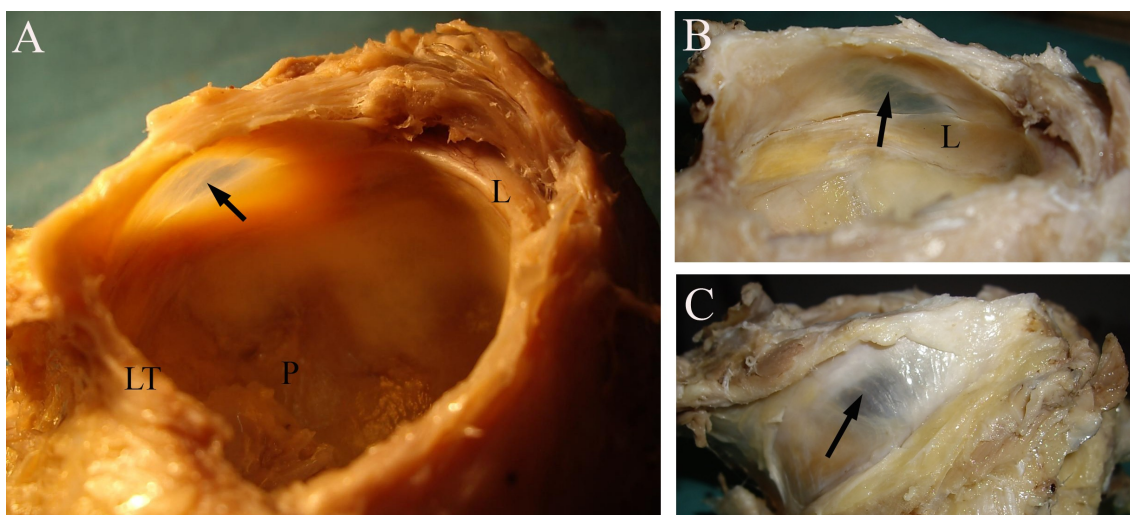


Fig. 106. Imagen macroscópica del acetábulo humano adulto. A. Se observa al trasluz el adelgazamiento de la cápsula anterior de la articulación (flecha negra), debido a la impronta del tendón del músculo ilio-psoas que pasa adyacente a la cara anterior de la articulación. L, labrum. P, pulvinar. LT, ligamento transverso. B, imagen del adelgazamiento capsular anterior (flecha negra). C, imagen desde la cara anterior de la articulación donde se aprecia el recorrido del músculo ilio-psoas (flecha negra).

El ligamento redondo está aplanado y presenta sus inserciones en tienda de campaña hacia el pulvinar y hacia la zona meniscoide y hacia el ligamento transverso. Al traccionar del ligamento redondo se producen dos fenómenos, por una parte al traccionar lateralmente (hacia fuera) se abomba el pulvinar, mientras que al traccionar hacia craneal se moviliza el tejido blando situado fuera del orificio acetabular. Si se tira de esta zona de tejido extra-articular también ocurre este fenómeno y se moviliza el ligamento redondo. En la zona inferior del acetábulo se aprecia un repliegue que podría corresponder a la cápsula articular o a una estructura más bien ligamentosa. El ligamento transverso también tiene el aspecto fibroso antes comentado. En este caso parece haber un trasfondo más grande con abundancia de tejido graso, que igual que en

Resultados

el caso anterior también abunda en la zona extra-articular de la entrada al canal isquio-púbico.

En el suelo del acetábulo se aprecian lesiones degenerativas en la zona articular del pubis e isquion, cercanas al labrum y al ligamento transverso. Estas lesiones degenerativas, se observan en otras zonas del reborde labral del acetábulo. Se puede observar la íntima relación espacial entre el ligamento redondo y el ligamento transverso (Fig. 107).

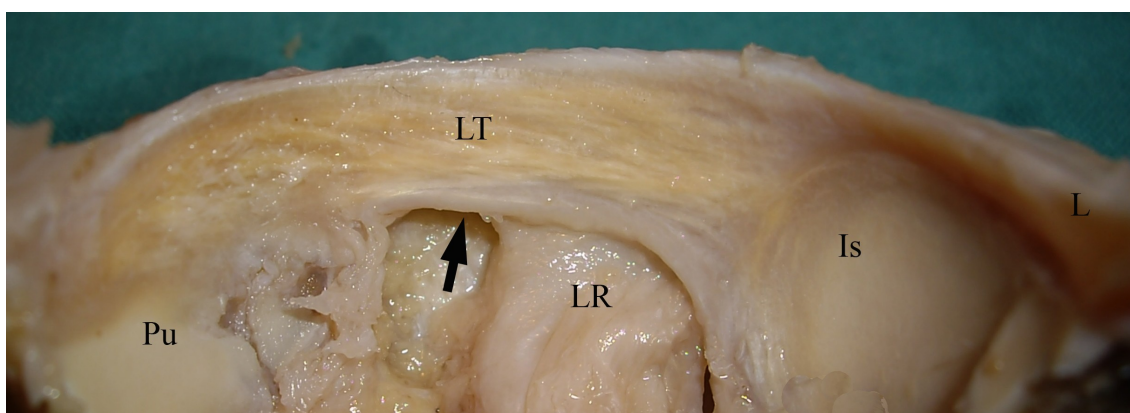


Fig. 107. Imagen macroscópica del suelo del acetábulo de un humano anciano. Se observa un ligamento transverso fibroso (LT). Se señala el agujero isquio-púbico (flecha negra) y las inserciones del ligamento transverso al isquion (Is) y al pubis (Pu), así como la continuidad del ligamento transverso con el labrum (L) y su relación con el ligamento redondo (LR).

5.1.15. Resumen del estudio anatómico comparativo.

El primer animal que se ha analizado ha sido la rata que era el animal que se iba a emplear en el ensayo. El acetábulo es muy similar al del humano y el hallazgo que fue más interesante es la existencia de una estructura fibrocartilaginosa con forma semilunar o de C en el suelo del acetábulo, sobre el isquion, que aumenta la superficie de contacto con la cabeza femoral. Es una estructura móvil en las primeras semanas de vida de la rata, lo cual indica que tiene un papel temporo-espacial. Se ha observado que está íntimamente relacionado con el ligamento redondo y con el labrum, de modo que el movimiento del ligamento redondo influye tanto el movimiento de esta estructura que hemos denominado meniscoide como con el ligamento transverso.

El acetábulo de los anfibios se caracteriza por ser menos continentes y estar estabilizados por los ligamentos capsulares y por la musculatura que lo rodea. No hay ligamentos intra-articulares pero hay una estructura que recuerda al ligamento redondo y que se une a otro tendón que procede del músculo obturador interno. En la zona anterior o ventral del acetábulo del sapo se observa una estructura ligamentosa que delimita un agujero de la articulación que responde a los cambios de presión de la articulación como un sistema de pistón. En todos los especímenes hemos encontrado un menisco independiente y situado sobre el isquion. Este menisco en el sapo está relacionado espacial y funcionalmente con varios ligamentos que recuerdan al ligamento redondo y al transverso.

En el reptil analizado se observa un acetábulo aplanado, formado por la unión de tres partes óseas. Igual que en el caso de los anfibios, no encontramos trasfondo, ni ligamentos intra-articulares. El labrum rodea al acetábulo. No encontramos estructuras semejantes al ligamento redondo o al ligamento transverso. No hemos encontrado una estructura meniscoide ni un menisco.

En las aves analizadas se observa un acetábulo circular que contiene a la cabeza y que se articula parcialmente con el cuello femoral. En la zona posterior inferior se

Resultados

encuentra una apófisis cartilaginosa. Encontramos trasfondo que no tiene fondo óseo, con poco pulvinar. Se observa un ligamento redondo, así como un ligamento transverso. Éste delimita un agujero entre pubis e isquion pero de poca entidad. No se observa meniscos o estructuras meniscoides.

Al analizar los mamíferos, encontramos un grupo heterogéneo de animales pero que mantienen muchas características comunes. Así, todos los animales analizados presentan una estructura entre circular y ovalada. Todos presentan ligamento redondo, trasfondo y pulvinar, también presentan ligamento transverso. En algunos se ha encontrado una estructura meniscoide y en otros no se ha podido independizar.

El acetábulo de los fetos humanos analizados tiene una estructura meniscoide situada en el suelo, sobre el isquion. Se moviliza con el movimiento del ligamento redondo, el cual también afecta al ligamento transverso. En el estudio histológico se ha comprobado la composición de fibro-cartilago con colágeno que está anexo al ligamento redondo. Se ha observado como es una estructura tempo-espacial que desaparece con el tiempo, de modo que en el adulto pierde parte de sus características de modo que se hace inmóvil y no se afecta por el ligamento redondo.

En resumen, se ha encontrado un menisco en la cadera de los anfibios estudiados, así como estructuras ligamentosas que recuerdan al ligamento redondo y al ligamento transverso. En las aves y en reptiles estudiadas no se observa esta estructura o similar. En los mamíferos estudiados, se ha encontrado una estructura en semiluna sobre el isquion en la rata, en el gato, en los primates y en el humano. En el resto de los animales (caballo, cordero, conejo) no hemos encontrado esta estructura en el suelo acetabular.

5.2. Resultados de los estudios experimentales.

5.2.1. Resultados de la valoración macroscópica.

1. Complicaciones cutáneas.

1.a. Grupo de 4 días.

En siete casos (63,63%) se apreciaba todavía la herida en la piel por el punto por donde se introdujo la aguja intra-medular.

1.b. Grupo de 1 semana.

Se apreciaron lesiones cutáneas en cuatro animales (21,05%) tras la eutanasia de este grupo.

1.c. Grupo de 2 semanas.

No se apreciaron lesiones cutáneas en los animales de este periodo.

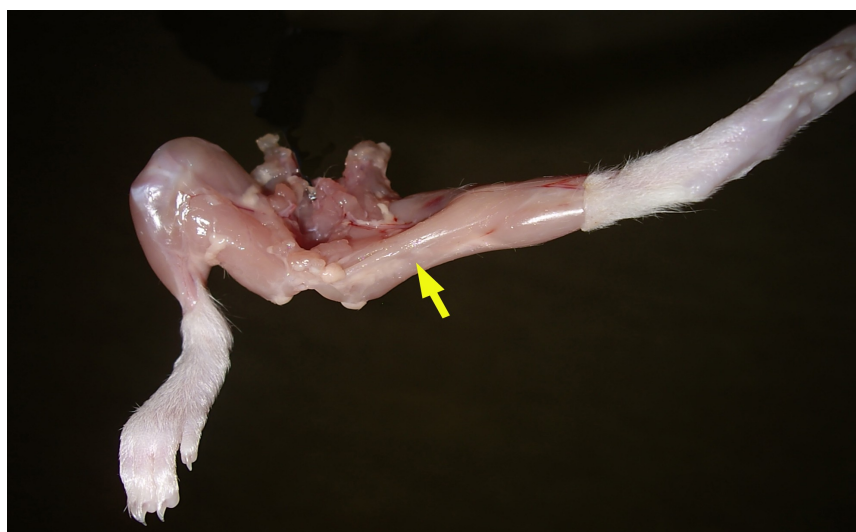


Fig. 108. Imagen macroscópica de una pelvis de un animal del ensayo de cuatro días, vista desde caudal. Se observa la abducción de la cadera, la hiperextensión de la rodilla y la rotación externa de todo el miembro inferior izquierdo. Se señala la tensión a la que están sometidos los músculos isquiotibiales (flecha amarilla).

2. Actitud de la cadera y del miembro inferior intervenido.

2.a. Grupo de 4 días.

Resultados

Todos los casos que fueron seleccionados, debían cumplir como requisito que el miembro intervenido estuviera en hiperextensión, ya que el objetivo del trabajo no era saber si la técnica funcionaba, sino los parámetros en los casos en los que hay aparición de la lesión luxante. La posición de hiperextensión se acompañaba de rotación externa del miembro en diez casos (90,9%), así como una cierta actitud de abducción del mismo (Fig. 108 y 109). Pudimos comprobar como el animal podría caminar sin ningún tipo de limitación, incluso podía caminar por el techo de la jaula usando el miembro intervenido.



Fig. 109. Imágenes macroscópicas de la pelvis y de las extremidades inferiores de un animal de ensayo del grupo de cuatro días. A, imagen lateral, mostrando la hiperextensión de la rodilla. B, imagen craneal, se observa la rotación externa de la cadera. C, imagen ventral o anterior, se observa hiperextensión de la rodilla, abducción de la cadera y flexión plantar del tobillo.

La actitud de rotación externa de la cadera, produce una prominencia de la cabeza femoral en la cápsula anterior que pudo apreciarse de manera evidente en seis casos (54,54%).

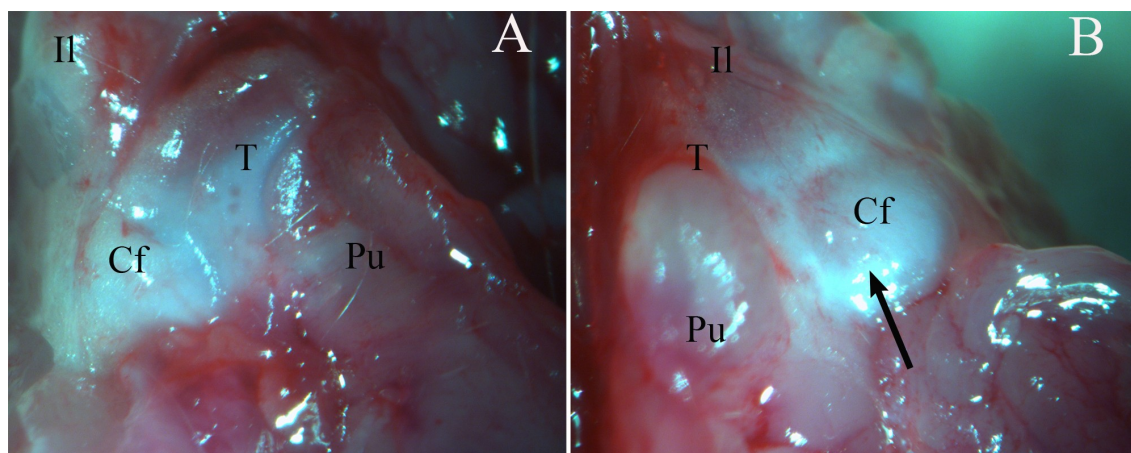


Fig. 110. Imagen macroscópica de la cadera de la rata del grupo de una semana. Visión frontal. Se observa la rotación externa de la cabeza femoral (Cf). A, cadera derecha normal. B, cadera izquierda del ensayo, se muestra la prominencia anterior de la cabeza (flecha) por la rotación externa de la misma. T, cartílago trirrariado Pu, pubis. Il, ilion.

2.b. Grupo de 1 semana.

Tiene el mismo comportamiento que el grupo de cuatro días, apreciándose tanto el fenómeno de la rotación externa como el de la prominencia de la cabeza femoral en la cápsula articular (Fig. 110). El tobillo tiende a tener una posición de flexión plantar, así como las articulaciones metatarso-falángicas (Fig. 109-C).

2.c. Grupo de 2 semanas.

En este grupo la prominencia de la cabeza es menos evidente debido a la importante hipertrofia capsular y a la propia malformación articular.

3. Movilidad de la cadera y del miembro inferior.

3.a. Grupo de 4 días.

La articulación coxofemoral está en extensión respecto del lado derecho control (o sano) y tiene una limitación en la flexión debido a la propia posición antes señalada. En general se aprecia limitación de la movilidad pasiva articular.

3.b. Grupo de una semana.

Resultados

Lo mismo ocurre en los casos de este grupo pero en mayor manera.

3.c. Grupo de dos semanas.

Lo mismo ocurre en los casos de este grupo.

4. Elasticidad de la cadera y del miembro inferior.

4.a. Grupo de 4 días.

Antes de realizar la artrotomía de la cadera, se comprueba la laxitud de la articulación comprobándose que en cuatro casos (36,36%) es muy importante, en siete casos es moderada y no hay casos de laxitud normal (Fig. 111).

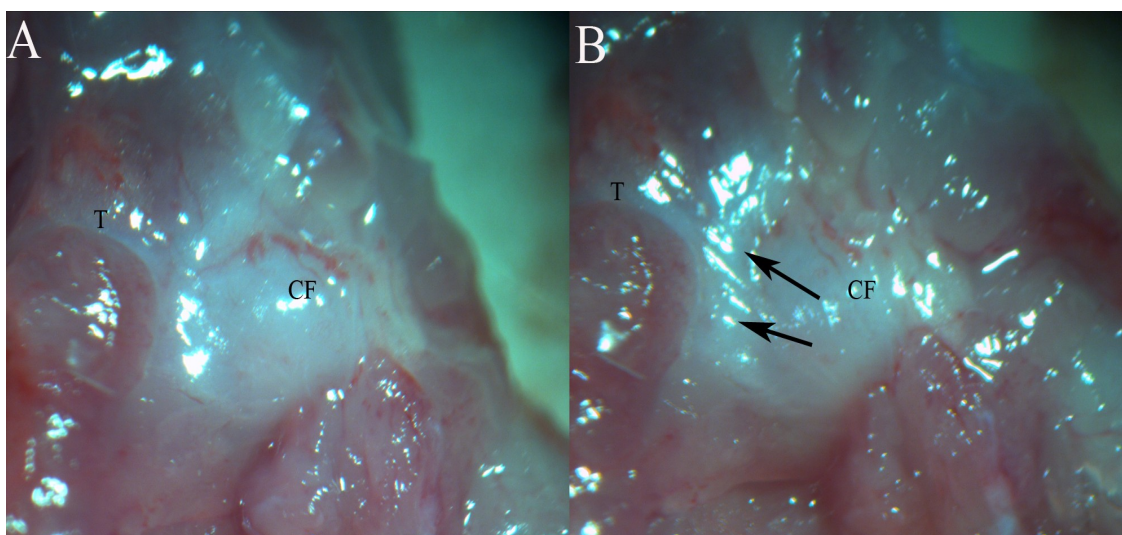


Fig. 111. Imagen macroscópica de la cadera. Visión frontal. Observación de la laxitud articular. A: cara anterior de la articulación de un ensayo de una semana sin tracción. B: imagen de la articulación en donde se observa la laxitud articular al traccionar del fémur (ver flechas mostrando como se elonga la cápsula). CF, cabeza femoral. T, trirradiado

4.b. Grupo de una semana.

En todos los casos analizados, se aprecia una laxitud aumentada (fig. 112) que permite realizar movimientos en varios ejes de movimiento.

4.c. Grupo de dos semanas.

Resultados

Igual que en el grupo precedente se aprecia el aumento de movilidad de la articulación coxofemoral aunque se aprecia cierta restricción debido a la hipertrofia capsular.

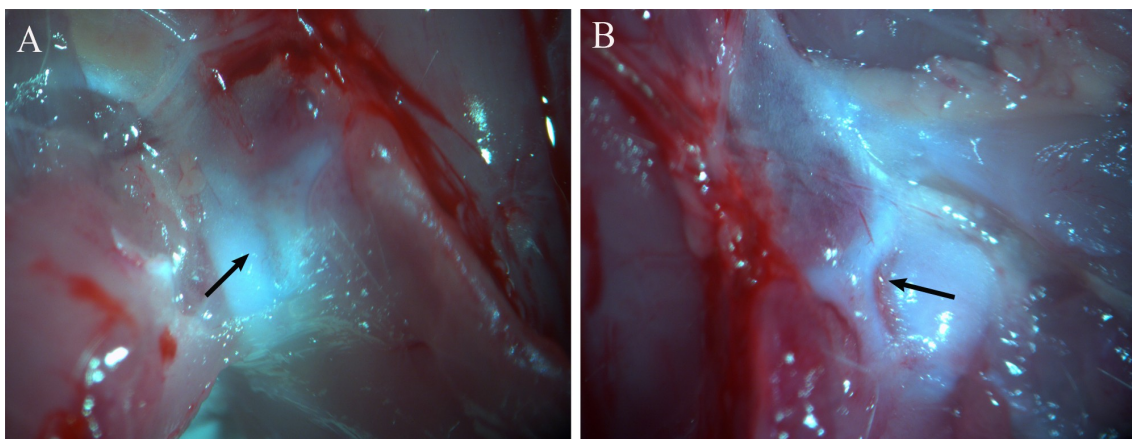


Fig. 112. Imagen de la articulación de la cadera de rata sometida a tracción. Visión frontal. A, lado derecho control, la tracción no produce ningún efecto (flecha). B, lado izquierdo del ensayo, al traccionar se distiende la cápsula, mostrando la laxitud de la misma en este modelo.

5. Cápsula articular.

5.a. Grupo de 4 días.

La cápsula articular no presenta alteraciones en la valoración macroscópica cuando se realiza la disección de la articulación. Pero se puede apreciar que la cabeza tiende a protuir en la cara anterior de la cápsula como antes hemos señalado (Fig. 113-A y 113-B). Se aprecia la laxitud de la misma, que se pone de manifiesto al traccionar el miembro inferior o en los movimientos extremos de la articulación.

5.b. Grupo de una semana.

Las manifestaciones antes señaladas se repiten en este grupo y la afectación de la cápsula se hace más relevante, de modo que se adelgaza la zona anterior de la misma por el efecto subluxante de la cabeza femoral (Fig. 113-C y 113-D).

5.c. Grupo de dos semanas.

En este grupo se altera la cápsula articular de modo que aparece hipertrófica, sobre todo en su zona anterior. En algunos casos la desestructuración de la articulación es muy manifiesta y se aprecia como se altera la forma normal de la misma con fenómenos de hipertrofia capsular con adelgazamiento de la cápsula en la zona posterior.

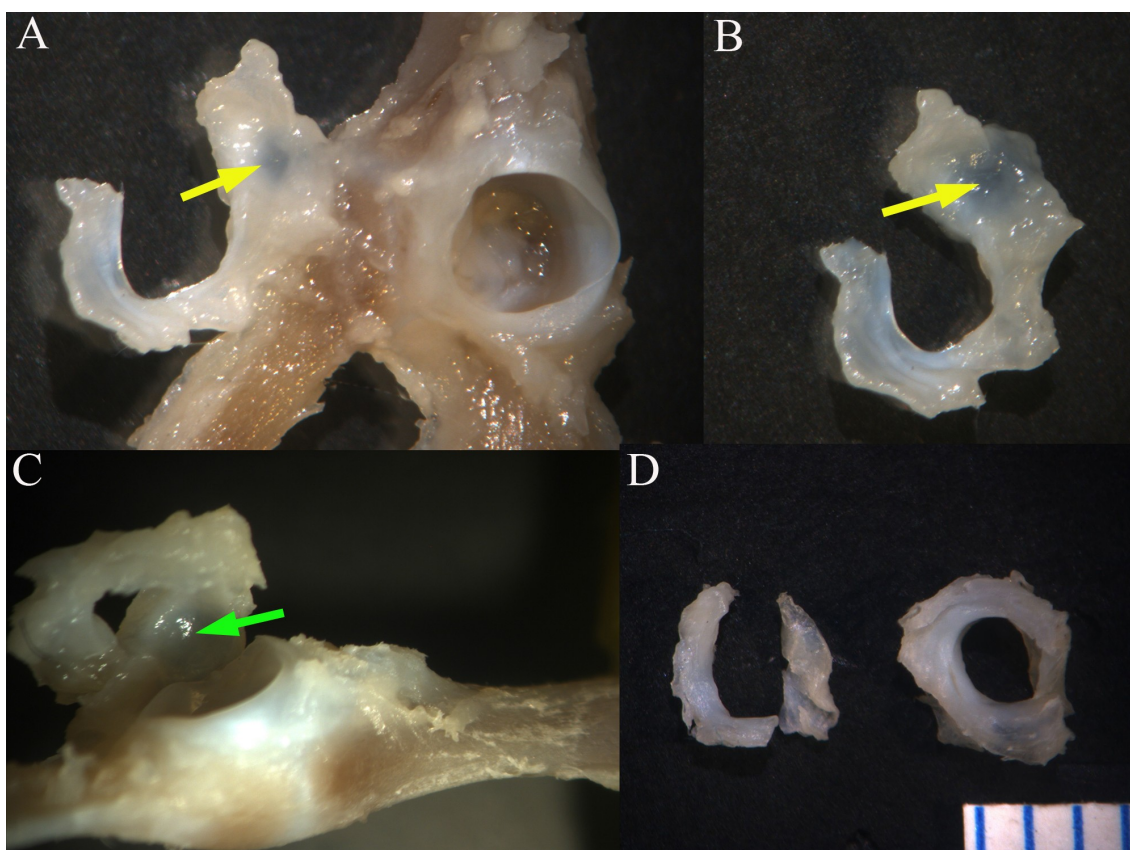


Fig. 113. Imagen macroscópica de la cadera de rata. Detalle de la afectación de la cápsula articular. A, rata del grupo de cuatro días, visión anterior, imagen de un acetábulo del ensayo con la cápsula parcialmente unida en donde se aprecia la impronta de la cabeza (flecha amarilla). B, cápsula del caso anterior aislada, se observa hipertrofia pero con la zona de prominencia de la cabeza con hipotrofia (flecha amarilla). C, rata del grupo de una semana, visión dorsal, acetábulo del ensayo mostrando el efecto de la cabeza sobre la cara anterior de la cápsula (flecha verde). D, cápsula hipertrofiada del caso anterior aislada.(escala en mm.)

6. *Ligamento redondo.*

6.a. Grupo de 4 días.

El ligamento redondo aparece hipertrófico en el lado del ensayo comparado con el control ($p=0,0060$, test de la Chi-cuadrado), a su vez tiene mayor longitud y anchura que el control en siete casos (63,63%), en los otros cuatro casos (36,36%) no se aprecian alteraciones significativas. No hemos encontrado ningún caso de ausencia del ligamento redondo, ni de desinserción o hipotrofia.

6.b. Grupo de una semana.

La hipertrofia del ligamento redondo es más manifiesta en el lado del ensayo ($p<0,0001$, test de la Chi-cuadrado) que en el control, ya que se aprecia en todos los casos (100%) (Fig. 114). No hemos encontrado ningún caso de ausencia del ligamento redondo, ni de desinserción o hipotrofia.

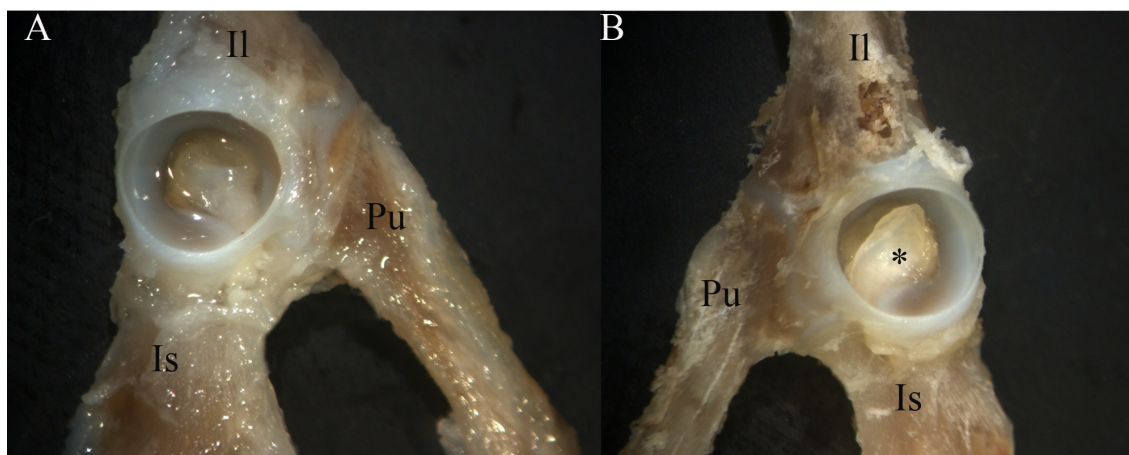


Fig. 114. Imagen macroscópica de la hipertrofia del ligamento redondo. A, lado control. B, lado del ensayo se aprecia la hipertrofia de ligamento redondo (asterisco). Il, ilion. Pu, pubis. Is, isquion.

6.c. Grupo de dos semanas.

En todos los casos aparece hipertrofia del ligamento redondo (100%), de manera más manifiesta ($p < 0,0001$, test de la Chi-cuadrado) que en el lado control. No hemos encontrado ningún caso de ausencia del ligamento redondo, ni de desinserción o hipotrofia.

7. *Ligamento transverso.*

7.a. Grupo de 4 días.

El ligamento transverso aparece hipertrófico en tres casos (27,27%), en cinco tiene un aspecto normal (45,45%) y en tres casos aparece levemente hipertrófico (27,27%) (Fig. 115).

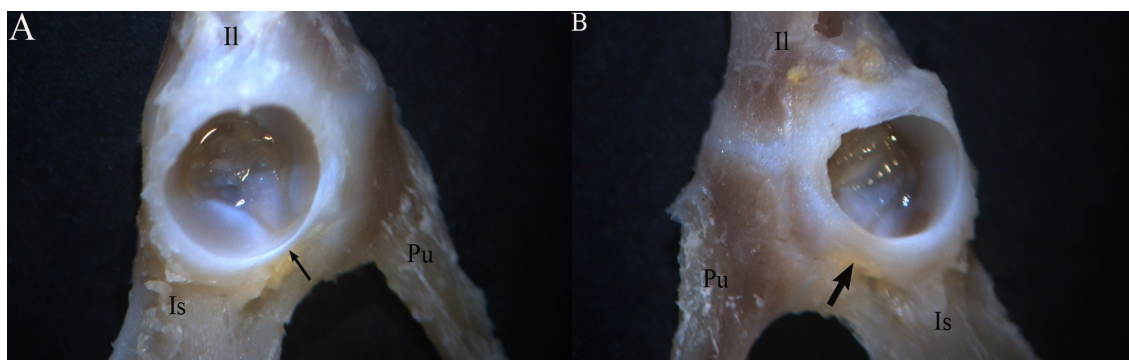


Fig. 115. Imagen macroscópica de la hipertrofia del ligamento transverso del grupo de cuatro días. A, lado control, la flecha señala un ligamento transverso normal. B, lado del ensayo se aprecia la hipertrofia de ligamento transverso (flecha). Il, ilion. Pu, pubis. Is, isquion.

7.b. Grupo de una semana.

En la mayoría de los casos se aprecia una hipertrofia del ligamento transverso en el lado del ensayo (Fig. 116) y que es significativa ($p = 0,0005$, test de Chi-cuadrado) respecto del lado control, que se manifiesta de forma importante en nueve casos (81,81%) y es moderada en dos casos (18,18%).

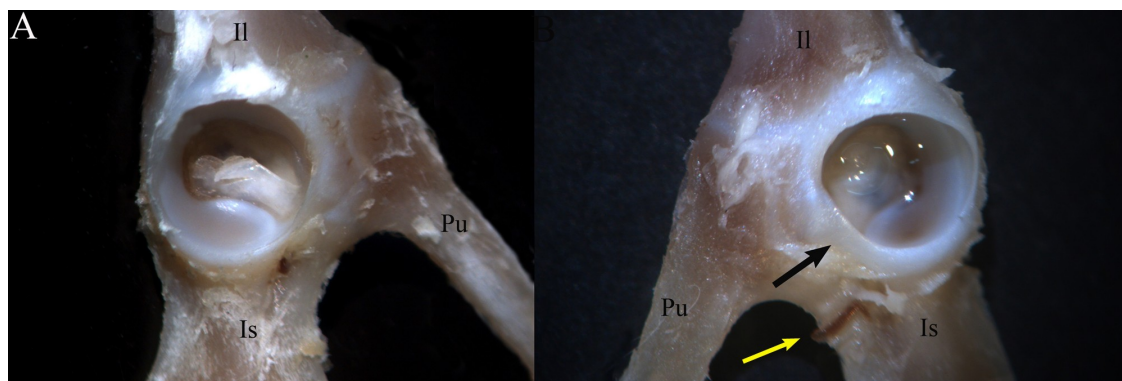


Fig. 116. Imagen macroscópica de la hipertrofia del ligamento transverso del grupo de una semana. A, lado control. B, lado del ensayo se aprecia la hipertrofia de ligamento transverso (flecha negra). Se observa la entrada de un vaso desde el agujero obturador al canal isquio-pubiano (flecha amarilla). Il, ilion. Pu, pubis. Is, isquion.

7.c. Grupo de dos semanas.

En todos los casos (100%) se evidencia la hipertrofia del ligamento transverso (Fig. 117) en el lado del ensayo, de manera más manifiesta ($p < 0,0001$, test de Chi-cuadrado) que en el lado control.

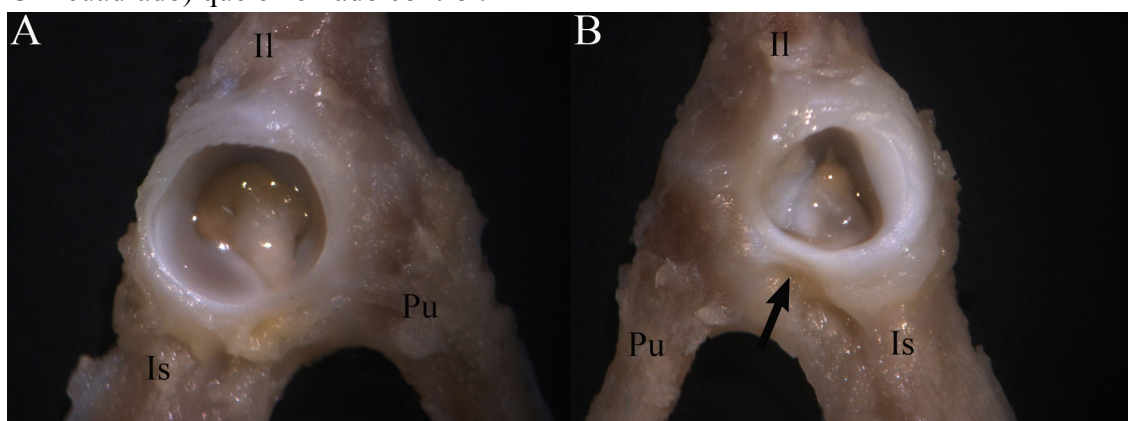


Fig. 117. Imagen macroscópica de la hipertrofia del ligamento transverso del grupo de dos semanas. A, lado control. B, lado del ensayo se aprecia la hipertrofia de ligamento transverso (flecha negra). Il, ilion. Pu, pubis. Is, isquion.

8. Pulvinar.

8.a. Grupo de 4 días.

Resultados

En dos casos (18,18%), se aprecia un pulvinar de color más oscuro que el normal que suele ser amarillento (Fig. 118-A). Además del cambio de color, no se aprecian signos de hipo o hipertrofia del mismo.

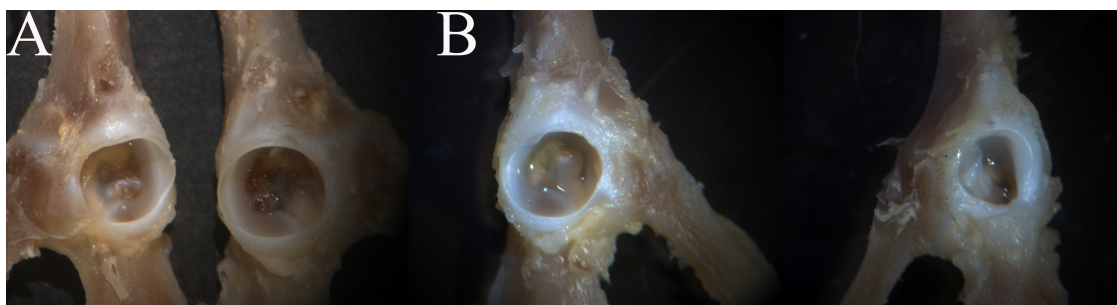


Fig. 118. Imagen macroscópica del pulvinar. A, caso del grupo de 4 días. Se observa en el lado derecho (ensayo) un pulvinar más oscuro. B, caso de dos semanas, se observa hipertrofia del pulvinar.

8.b. Grupo de una semana.

No se han encontrado cambios en el color del pulvinar, ni fenómenos de hipo o hipertrofia tisular.

8.c. Grupo de dos semanas.

En diez casos (90,9%), el pulvinar está alterado con presencia de hipertrofia y cambios de coloración del tejido (Fig. 118-B).

9. Labrum.

9.a. Grupo de 4 días.

No se encuentran alteraciones en las cadera de control. En todos los casos se apreció la presencia de una pequeña depresión en el labrum en la zona anterior del acetábulo que no se apreciaba en la misma zona del acetábulo de control. En todos los casos se observaron alteraciones en el labrum, tanto eversions como inversiones, que podían aparecer aisladas o asociadas en el mismo caso (Fig. 119). Las lesiones se sitúan en la zona posterior del acetábulo y todas son eversions (100%), mientras que hay otras

Resultados

de menor entidad que se sitúan en la zona más inferior y corresponden en nueve casos a inversiones (81,81%).

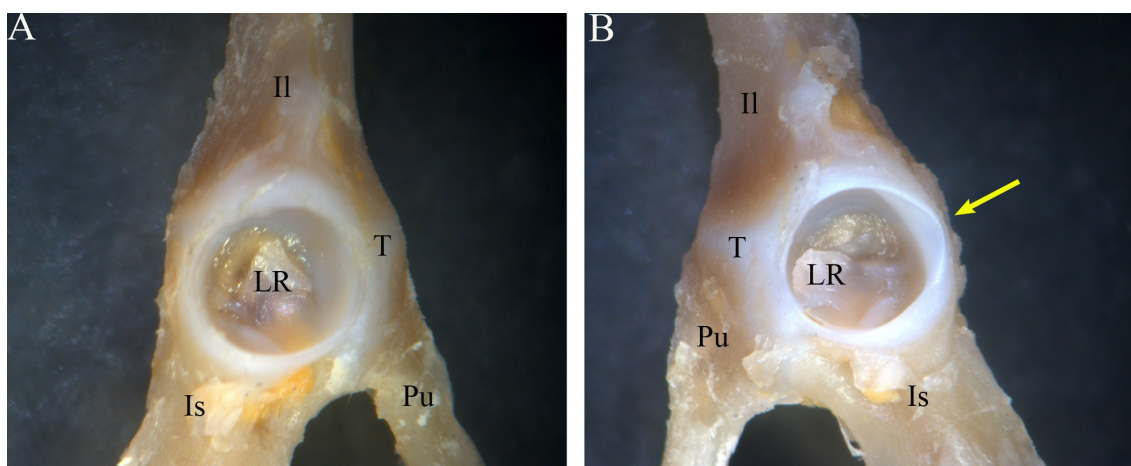


Fig. 119. Imagen macroscópica del acetábulo de rata. Visión frontal. Detalle de la eversión del labrum en el grupo de ensayo de cuatro días. A, lado control. B, lado del ensayo se aprecia la eversión del labrum en su zona supero-posterior (flecha). Il, ilion. Pu, pubis. Is, isquion. T, cartílago triirradiado. LR, ligamento redondo.

9.b. Grupo de una semana.

En este grupo se observan lesiones similares a las que se apreciaban en el grupo de cuatro días, aunque la situación geográfica de las mismas cambia, desplazándose hacia una zona superior (Fig. 120). La depresión anterior aparece en ocho casos (72,72%) en la zona antero-superior del acetábulo.

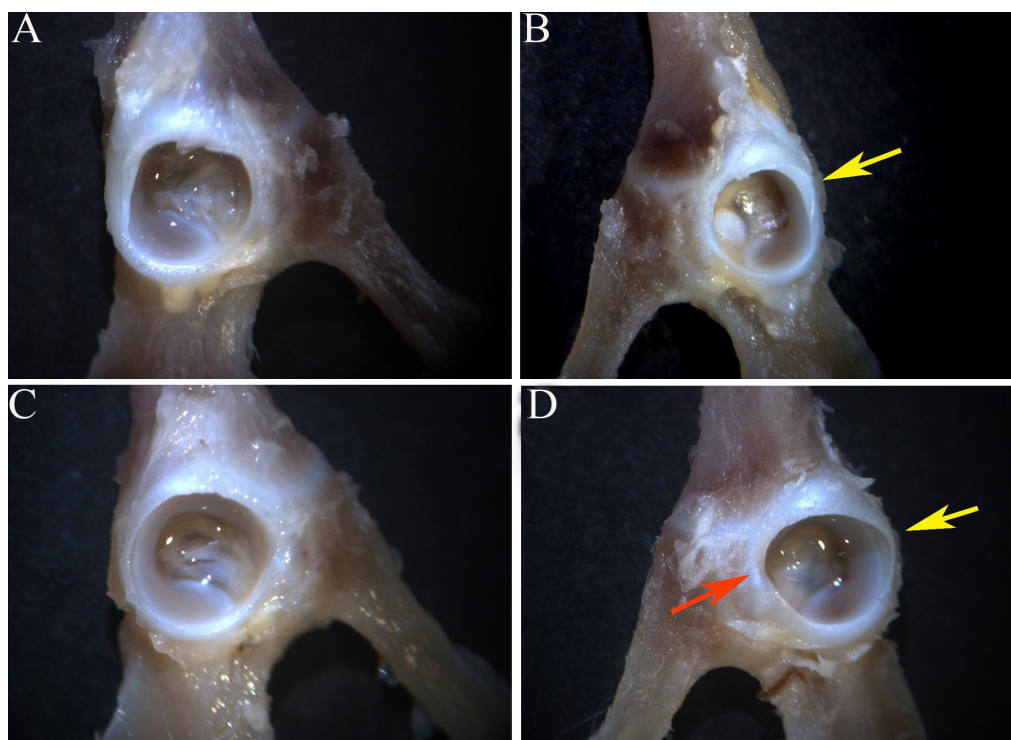


Fig. 120. Imagen macroscópica del acetábulo de rata. Visión frontal. Detalle de la lesión del labrum en el grupo de ensayo de una semana. A, lado control. B, lado de ensayo se aprecia la depresión/inversión del labrum en su zona supero-posterior (flecha). C, lado control. D, lado del ensayo se aprecia la eversión del labrum en su zona supero-posterior (flecha amarilla) y depresión en la zona anterior (flecha naranja).

9.c. Grupo de dos semanas.

La alteración del labrum se hace patente en este periodo de estudio. Encontramos desde eversión del labrum posterior (Fig. 121), hasta la desestructuración completa del mismo con presencia de una neocotilo en la zona posterosuperior. Llama la atención que en los casos de afectación moderada hay una hipertrofia del labrum posterior que aumenta su diámetro aunque pierda altura ya que aparece aplastada por la cabeza femoral.

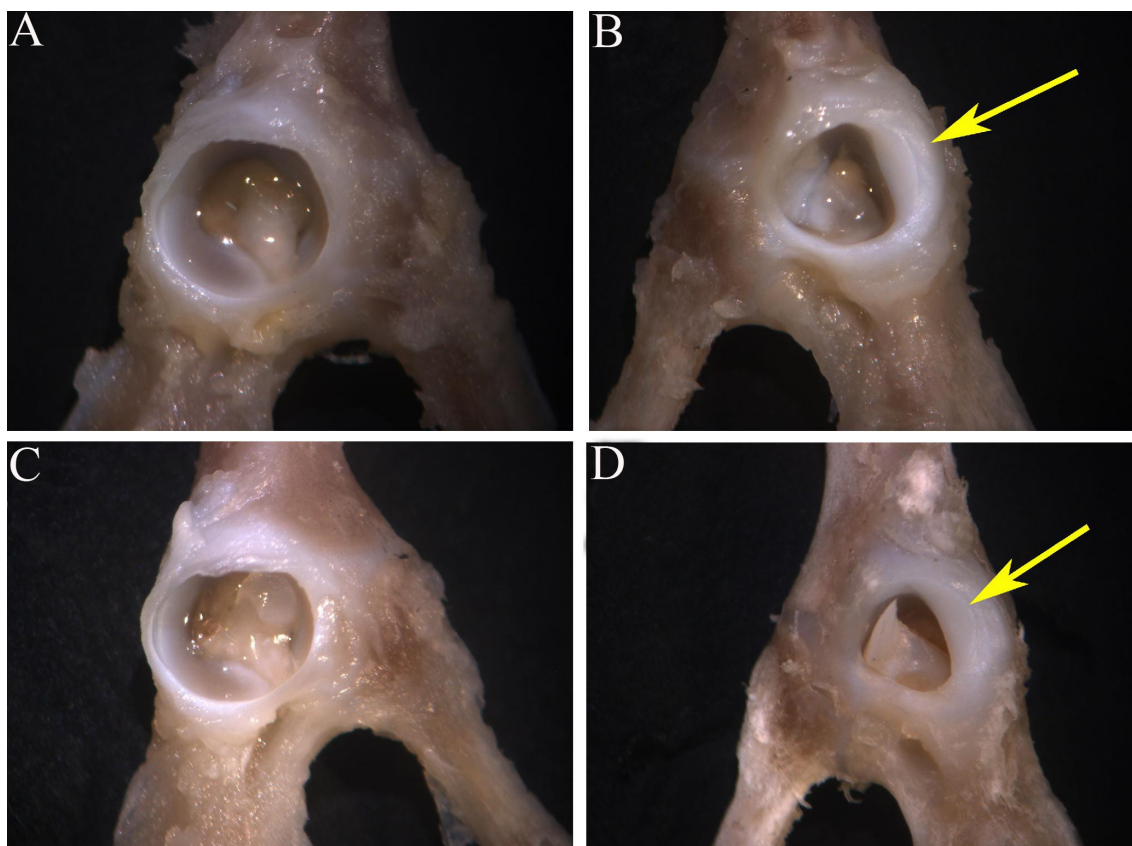


Fig. 121. Imagen macroscópica del acetábulo de rata. Visión frontal. Detalle de la lesión del labrum en el grupo de ensayo de dos semanas. A, lado control. B, lado del ensayo se aprecia la eversión del labrum en su zona supero-posterior (flecha). C, lado control. D, lado del ensayo se aprecia la eversión del labrum en su zona supero-posterior (flecha).

10. Limbus.

10.a. Grupo de 4 días.

En el estudio macroscópico del acetábulo en este periodo, no se encontraron lesiones que puedan ser catalogadas como limbus.

10.b. Grupo de una semana.

Igual que en el grupo anterior, no se encontraron lesiones que puedan ser catalogadas como limbus.

10.c. Grupo de dos semanas.

En todos los casos puede hablarse de alteraciones que son calificadas como limbus.

11. Cuadrante articular.

11.a. Grupo de 4 días.

En el cuadrante antero-superior, se encontraron pequeñas depresiones en todos los casos. En el cuadrante antero-inferior, no se han encontrado lesiones aunque en la zona cercana al cuadrante postero-inferior se aprecian signos de inversión en nueve casos (81,81%). En el cuadrante postero-inferior coincide inversiones en la zona más inferior y el inicio de las eversions que aparecen en todos los casos. En el cuadrante postero-superior se aprecian las eversions antes señaladas.

11.b. Grupo de una semana.

En el cuadrante antero-superior, se encontraron pequeñas depresiones en seis casos (54,54%). En el cuadrante antero-inferior, se apreciaron dos casos de depresión (18,18%), así como diez casos de inversión del labrum del isquion (90,90%) que se prolongaban por la zona adyacente del cuadrante postero-inferior (Fig. 122-A). En el cuadrante postero-inferior, aparecen dos casos de inversión (18,18%) que se prolonga hasta el cuadrante postero-superior, mientras que se esbozan zonas de eversión en siete casos (63,63%). En el cuadrante postero-superior se aprecia eversions en seis casos (54,54%), en tres casos (27,27%) y el resto se considera normal.

11.c. Grupo de dos semanas.

Resultados

Un hecho que se aprecia en esta fase más avanzada de la lesión es la pérdida de la forma circunferencial del acetábulo, de modo que es complejo poder establecer los cuadrantes. Así el aspecto del acetábulo parece triangular con base caudal. De tal forma que se aprecian dos estados de afectación en este periodo. Uno es más leve (lo encontramos en el 50% de los casos) y cursa con hipertrofia del ligamento transverso que ocuparía la base del triángulo antes mencionado. La zona anterior se caracteriza por una hipotrofia importante de todo el labrum, mientras que la cara posterior presentaría una importante hipertrofia del labrum. Este discurre desde la zona más craneal a la zona caudal y tiene una forma de prisma con una cara intra-articular y otra extra-articular que se orienta a la zona posterior del acetábulo. La otra forma más avanzada de la lesión (aparece en el 50 % de los casos), presenta un acetábulo secundario, que se dispone en

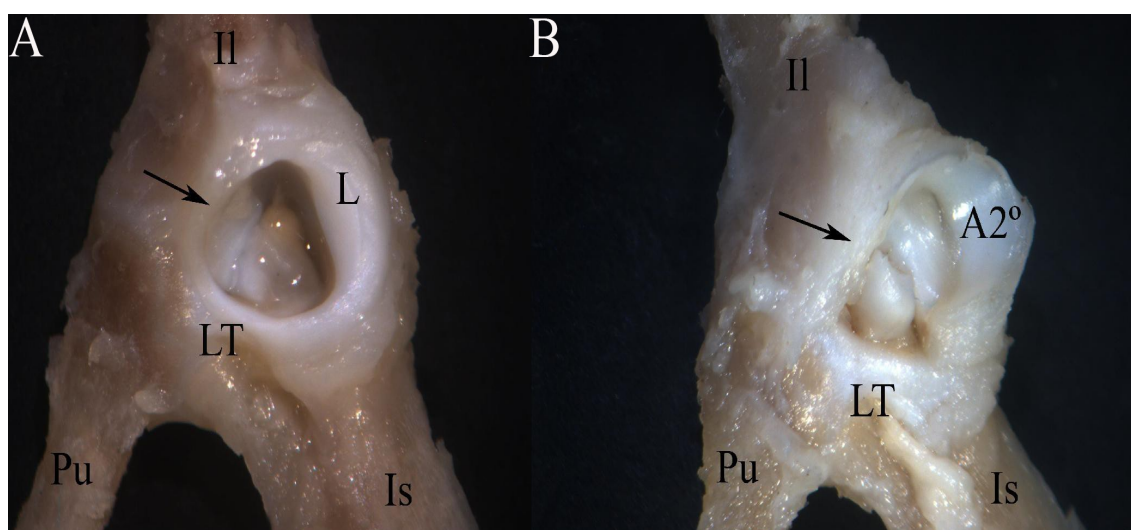


Fig. 122. Imagen macroscópica del acetábulo de la rata. Visión frontal. Detalle de la lesión por cuadrantes. A, se observa como se afecta el cuadrante postero-superior e inferior con eversión del labrum (L) en un caso del grupo una semana. B, caso del grupo de dos semanas, se observa el acetábulo secundario (A2º) en el cuadrante postero-superior. En ambos casos se señala con una flecha la depresión del labrum anterior. Il, ilion. Pu, pubis. Is, isquion. T, cartilago trirradiado. LT, ligamento transverso.

la región postero-superior (Fig. 122-B), mientras que la zona anterior e inferior presenta

la misma hipoplasia que comentábamos antes, y una zona inferior ocupada también por la hipertrofia del ligamento transverso.

12. Faceta articular.

12.a. Grupo de 4 días.

En el sector 1 (ilion) y en el sector 2 (pubis) no se encontraron alteraciones patológicas ni en la morfología ni en el color o brillo de la superficie articular. En el sector 3 (isquion) se encontraron tres casos (27,2%) con afectación importante de la superficie articular en cuanto al color que aparecía más oscuro (marrón) y mate que el lado de control y en cinco casos (45,4%) esta afectación era moderada (Fig. 123).



Fig. 123. Imagen macroscópica del acetábulo de rata. Visión craneal. Detalle de la lesión de la superficie articular en el grupo de cuatro días. Imagen del isquion desde craneal. A, comparativa de la superficie del isquion del caso control (Co) y del ensayo (En) en donde se observa un color marrón. B, caso de ensayo, el isquion tiene la superficie con bordes más claros y centro más oscuro. C, comparativa de la superficie del isquion del caso control (Co) y del ensayo (En) en donde se observa repite un color marrón en el isquion del ensayo.

12.b. Grupo de una semana.

En el sector 1 (ilion) y en el sector 2 (pubis) no se encontraron alteraciones patológicas ni en la morfología ni en el color o brillo de la superficie articular. En el sector 3 (isquion) se encontraron nueve casos (81,1%) de afectación

Resultados

importante de la superficie articular en cuanto al color que aparecía más oscuro y mate que el lado de control, en el resto (18,1%) la afectación era moderada (Fig. 124).

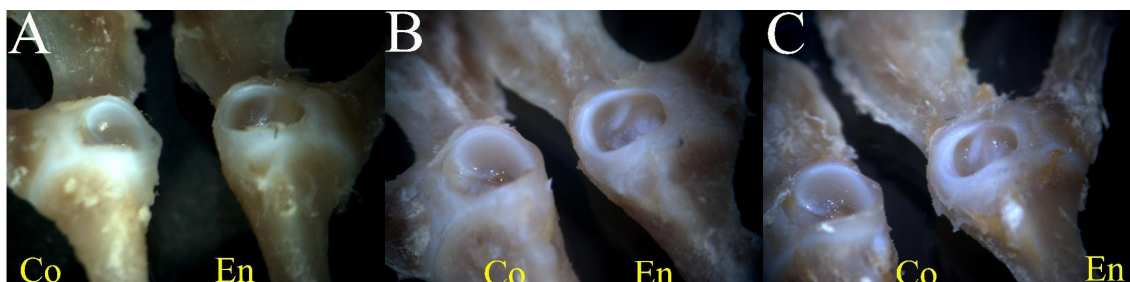


Fig. 124. Imagen macroscópica del acetábulo de rata. Visión craneal. Detalle de la lesión de la superficie articular en el grupo de una semana. Imagen del isquion desde craneal. A B y C, comparativa de la superficie del isquion del caso control (Co) y del ensayo (En) en donde se observa un color marrón, más mate y con reborde más nacarado.

12.c. Grupo de dos semanas.

Todos los casos (100%) tenían afectación de la faceta articular en todos los sectores, con pérdida del brillo articular de grados variables de afectación de la superficie articular con aspecto mate de la superficie articular, reblandecimiento del cartílago y fibrilación del mismo (Fig. 125).

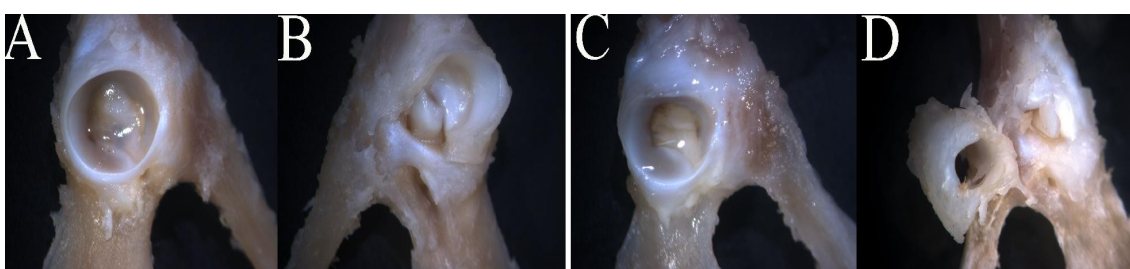


Fig. 125. Imagen macroscópica del acetábulo de rata. Visión craneal. Detalle de la lesión de la superficie articular en el grupo de dos semanas. A, lado control. B, lado del ensayo, se observa importante afectación de la superficie articular con pérdida del brillo. C, lado control. D, lado del ensayo con afectación importante de la superficie articular con pérdida del brillo y aparición de irregularidades y fibrilación del cartílago.

13. Giba o Ridge.

13.a. Grupo de 4 días.

En el estudio macroscópico, no se aprecia la presencia de giba (*ridge*) en este grupo.

13.b. Grupo de una semana.

Igual que en el anterior no se aprecia giba (*ridge*).

13.c. Grupo de dos semanas.

En la mitad de los casos (50%) se observó una gibosidad del acetábulo que definimos como giba o *ridge* (Fig. 126).

14. Acetábulo secundario.

14.a. Grupo de 4 días.

En el estudio macroscópico de este grupo, no se apreció ningún caso de acetábulo secundario.

14.b. Grupo de una semana.

No se apreció ningún caso de acetábulo secundario.

14.c. Grupo de dos semanas.

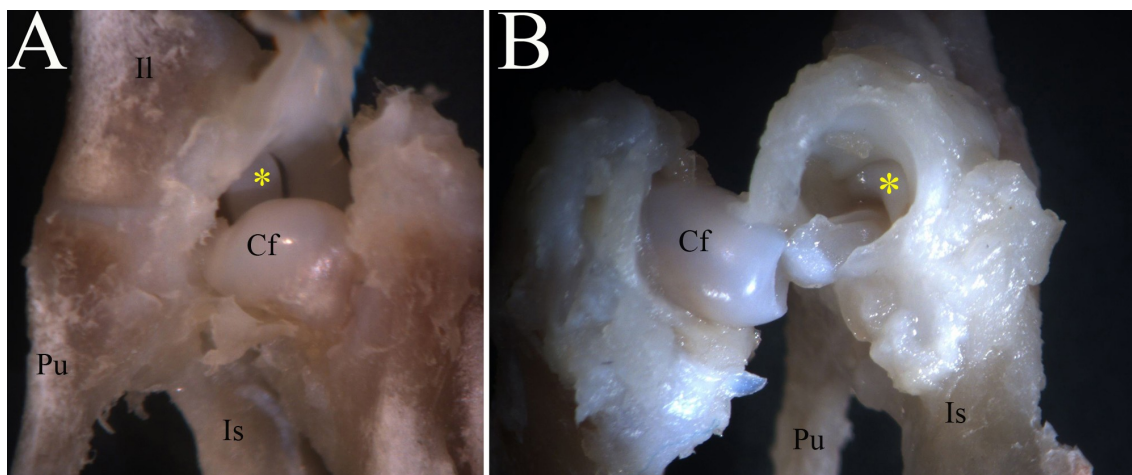


Fig. 126. Imagen macroscópica del acetábulo de rata. Visión frontal. Detalle de dos casos de acetábulo secundario del grupo de ensayo de dos semanas. Se observa el labrum hipertrofiado (asterisco) que hace de apoyo al nuevo acetábulo, así como una giba o ridge. Il, ilion. Pu, pubis. Is, isquion. Cf, cabeza femoral.

Resultados

En la mitad de los casos (50 %) se encontró un acetábulo secundario que albergaba la cabeza displásica (Fig. 126).

15. Cabeza femoral.

15.a. Grupo de 4 días.

En siete casos (63,63%) se observa hipotrofia de la cabeza femoral. No se aprecia aplanamiento (Fig. 127-A). No hay modificaciones de la posición de la cabeza.

15.b. Grupo de una semana.

Los casos con hipotrofia de la cabeza son diez (90,9%). En algunos casos las cabezas femorales se desplazan hacia inferior y tienen aplanamiento (Fig. 127-B).

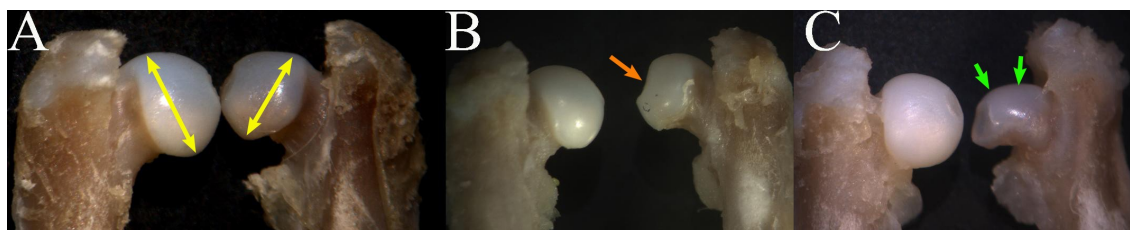


Fig. 127. Imagen macroscópica de la epífisis proximal del fémur de rata. Visión frontal. Detalle de la cabeza femoral. A: caso de 4 días, se observa hipotrofia del lado del ensayo (lado derecho de la imagen), se señala con flechas amarillas la diferencia de tamaño. B: caso de una semana, se observa el aumento de la fovea de la cabeza (flecha naranja). C: caso de dos semanas, se observa gran hipotrofia de la cabeza que está aplanada (flechas verdes).

15.c. Grupo de dos semanas.

La alteración de la cabeza es evidente en todos los casos con signos importantes de hipotrofia, aplanamiento y descenso de la cabeza desde su posición original (Fig. 127-C).

16. Inserción del ligamento redondo.

16.a. Grupo de 4 días.

Resultados

En todos los casos el ligamento redondo está presente y sin desinserciones. En nueve casos (81,81%) la fóvea está aumentada de tamaño respecto del lado sano (Fig. 128-A).

16.b. Grupo de una semana.

Tampoco hay ausencia del ligamento redondo. En diez casos (90,9%) la fóvea está aumentada de tamaño respecto al lado sano o control (Fig. 128-B).

16.c. Grupo de dos semanas.

En todos los casos hay presencia de una fóvea aumentada de tamaño (Fig. 128-C).

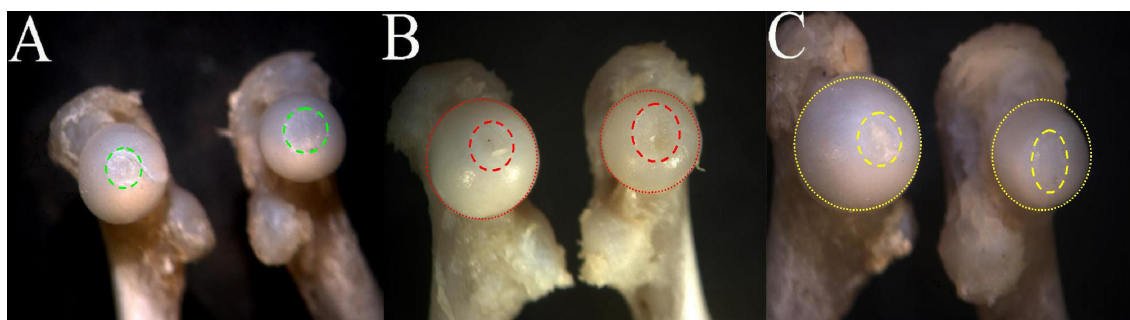


Fig. 128. Imagen macroscópica de la epífisis proximal del fémur de rata. Visión craneal. Detalle de la fóvea A: caso del grupo de 4 días, aumento del tamaño de la fóvea (líneas verdes). B: caso del grupo de una semana, además del aumento de la fóvea (línea roja gruesa), hay disminución del tamaño de la cabeza (línea roja delgada). C: significativa disminución del tamaño de la cabeza del ensayo (línea amarilla delgada) con fóvea aumentada (línea amarilla gruesa).

17. Cuello femoral.

17.a. Grupo de 4 días.

En el estudio macroscópico de este grupo, no se aprecian alteraciones en el cuello femoral en este periodo.

17.b. Grupo de una semana.

No se aprecian alteraciones en la anchura del cuello femoral pero sí una disminución de la longitud del mismo en cuatro casos (36,36%).

17.c. Grupo de dos semanas.

Resultados

En este periodo no se observan alteraciones en la anchura del cuello de fémur pero si se aprecia disminución de la longitud del mismo en todos los casos.

5.2.2. Resumen de los resultados de la valoración macroscópica del ensayo.

A. Grupo de ensayo de cuatro días.

La posición de hiperextensión se acompañaba de rotación externa del miembro en diez casos, y en seis se observaba una prominencia de la cabeza femoral. Se aprecia limitación de la movilidad pasiva articular. La laxitud articular es muy importante en cuatro casos y moderada en el resto. No hay alteraciones de la cápsula. El ligamento redondo está hipertrófico en dos tercios de los casos y siempre está presente. El ligamento transversal aparece hipertrófico o levemente hipertrófico en casi la mitad de los casos. Sólo se observa alterado el pulvinar en dos casos.

Se observa eversión del labrum posterior en todos los casos, así como inversiones en la zona inferior. Aparecen depresiones en el labrum de la zona anterior de los casos de ensayo. No hay presencia de limbus, ni de giba (*ridge*), ni acetábulo secundario. En el sector 1 (ilion) y en el sector 2 (pubis) no se encontraron alteraciones de la superficie articular. En el sector 3 (isquion) se encontraron tres casos con afectación importante de la superficie articular y en cinco casos esta afectación era moderada.

En dos tercios de los casos hay hipotrofia de la cabeza femoral, aunque sin aplanamiento. En nueve casos hay fovea cefálica aumentada. El cuello femoral es normal y no se aprecian alteraciones del trocánter mayor

B. Grupo de ensayo de una semana.

Resultados

Se observa rotación externa y prominencia de la cabeza femoral en la cápsula articular, con limitación de la flexión coxo-femoral. Todos los casos presentan laxitud capsular aumentada, con adelgazamiento de la misma en la zona anterior.

La hipertrofia del ligamento redondo aparece en todos los casos, no hay ausencia del ligamento redondo, ni de desinserción o hipotrofia. En la mayoría de los casos se aprecia una hipertrofia del ligamento transverso. No se han encontrado cambios en el color del pulvinar, ni fenómenos de hipo o hipertrofia tisular.

Las lesiones se sitúan en la zona superior, aunque encontramos depresiones en la zona anterior e inversiones en el labrum del isquion. No se observa limbus, giba, ni acetábulo secundario. En el sector inferior del acetábulo, que corresponde al isquion, se observa una alteración del color y el brillo apareciendo más oscuro y mate.

La cabeza femoral es hipotrófica con descenso y aplanamiento de la misma. El ligamento redondo está siempre presente y asocia aumento del tamaño de la fóvea cefálica femoral. El cuello presenta un acortamiento.

C. Grupo de ensayo de dos semanas.

Se observa hipertrofia capsular más patente en la zona anterior y menos en la posterior. La articulación coxofemoral está en extensión respecto del lado derecho control y tiene una limitación en la flexión debido a la propia posición antes señalada.

En todos los casos hay presencia de hipertrofia del ligamento redondo, así como del ligamento transverso. El pulvinar está muy alterado con presencia de hipertrofia y cambios de coloración del tejido. Encontramos eversión del labrum posterior y alteración completa del mismo con presencia de una neocotilo en la zona posterosuperior. En todos los casos se observa limbus. El acetábulo tiene forma triangular.

Observamos dos estados de afectación en este periodo. Uno es más leve (lo encontramos en el 50% de los casos) y produce una hipertrofia del ligamento transverso

Resultados

que ocuparía la base del triángulo antes mencionado. La zona anterior se caracteriza por una hipotrofia importante de todo el labrum, mientras que la cara posterior presentaría una importante hipertrofia del labrum. Este discurre desde la zona más craneal a la zona caudal y tiene una forma de prisma con una cara intra-articular y otra extra-articular que se orienta a la zona posterior del acetábulo. La otra forma más avanzada de la lesión (aparece en el 50 % de los casos), presenta un acetábulo secundario, que se dispone en la región postero-superior, mientras que la zona anterior e inferior presenta la misma hipoplasia que comentábamos antes, y una zona inferior ocupada también por la hipertrofia del ligamento transverso.

Todos los casos tenían afectación de la faceta articular en todos los sectores, con pérdida del brillo articular de grados variables de afectación de la superficie articular con aspecto mate de la superficie articular, reblandecimiento del cartílago y fibrilación del mismo. En la mitad de los casos, se observó una gibosidad del acetábulo que definimos como giba o *ridge*. En la mitad de los casos se encontró un acetábulo secundario que albergaba la cabeza displásica.

Todos los casos presentaban hipotrofia cefálica, aplanamiento y descenso de la cabeza desde su posición original. En todos encontramos fóvea aumentada de tamaño y disminución de la longitud del cuello.

En resumen, en el grupo de ensayo de cuatro días destaca la laxitud articular, empieza a aparecer los fenómenos de hipertrofia del ligamento redondo y transverso. Se observan alteraciones en la superficie articular del isquion. El techo no está alterado. En el grupo de una semana, se ponen de manifiesto los fenómenos de hipertrofia de los ligamentos, el suelo está afectado y empieza a alterarse el techo, se observa hipoplasia de la cabeza femoral. En el grupo de dos semanas, se observa alteración del techo, con eversions del labrum, aparición del acetábulo secundario en los casos más avanzados con presencia de un limbus que hace de suelo a una cabeza muy pequeña y deformada.

5.2.3. Resultados de la valoración radiográfica

Resultados de la valoración cualitativa de las radiografías en los grupos los grupos de ensayo de 4 días, 1 semana y dos semanas (Tabla I, II y III).

En el grupo de cuatro días o precoz, se empiezan a ver alteraciones en las radiografías de pelvis. La alteración de la articulación se manifiesta con subluxación de la misma ($p=0,0419$), sin presencia de luxación completa en este periodo. La cobertura de la cabeza empieza a mostrar un inicio de afectación ($p=0,0419$). Todas las posiciones de la cabeza alteradas son altas ($p=0,0419$). La alteración de la línea de Shenton es uno de los parámetros más afectados ($p=0,0019$). Por el contrario, la cabeza no se ve afectada ni en la forma del cuello, ni en el centro de osificación de la cabeza (Tabla I).

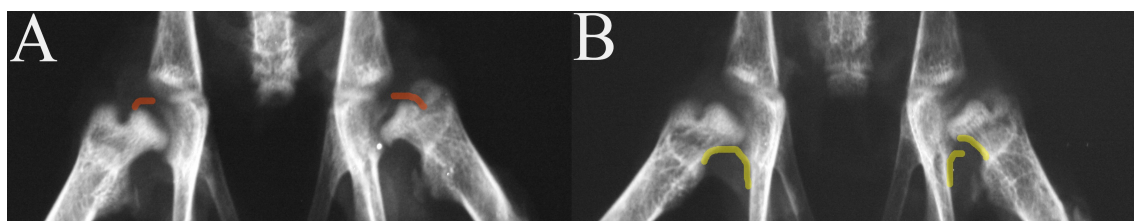


Fig. 129. Imagen radiográfica anteroposterior de la pelvis de rata de dos casos del grupo de 4 días. A: se observa imagen de subluxación, menor cobertura de la cadera del ensayo del lado izquierdo (línea roja) y ligera elevación. B: pérdida de la línea de Shenton (línea amarilla).

En el grupo de una semana, o tiempo medio, se incrementan las alteraciones que ya hemos señalado en el grupo precoz. Así hay más frecuencia de casos de subluxación ($p=0,0023$) aunque todavía no hay casos de luxación completa de la articulación. Los casos que encontramos alterados muestran una disposición alta de la cabeza. La línea de Shenton es uno de los parámetros que más se ven alterados ($p=0,0003$). Empiezan a apreciarse alteraciones en la simetría de la osificación de la cabeza femoral ($p=0,0023$)

Resultados

y en la morfología del cuello femoral ($p= 0,0009$). Todo esto conduce a una disminución de la cobertura articular ($p=0,012$) cabeza (Tabla II) (Fig.130).

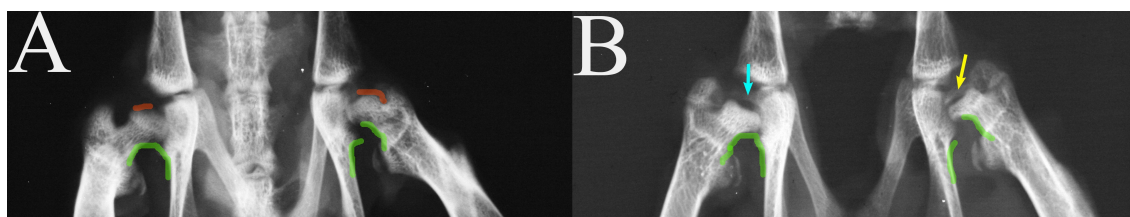


Fig. 130. Imagen radiográfica anteroposterior de la pelvis de rata del grupo de una semana. A y B. Se observan subluxación de las caderas del ensayo (lado izquierdo), con pérdida de cobertura (línea roja) , pérdida de simetría de la osificación (flecha azul, control y flecha amarilla, ensayo), alteraciones cefálicas y pérdida de la línea de Shenton (líneas verdes).

En el grupo de las dos semanas, o grupo tardío, las alteraciones que se han descrito previamente de manera incipiente se ponen aquí de forma manifiesta. La alteración de la articulación es generalizada y significativa, apareciendo los casos de luxación articular ($p<0,0001$). La altura de la cabeza es alta en todos los casos ($p<0,0001$). La línea de Shenton está alterada en todos los casos ($p<0,0001$). Así como la osificación de la cabeza femoral ($p<0,0001$), el cuello ($p<0,0001$) y la cobertura de la cabeza ($p<0,0001$) (Tabla III).

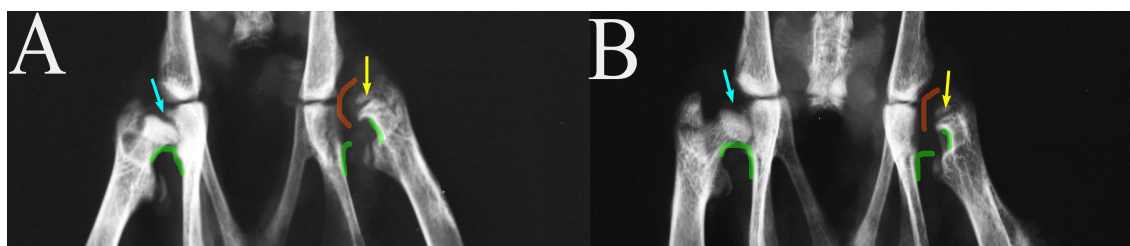


Fig. 131. Imagen radiográfica anteroposterior de la pelvis de rata de dos casos del grupo de dos semanas. A y B, se observa luxación de la articulación (línea roja), en posición elevada, alterándose la osificación de la cabeza femoral (flecha azul, control, y flecha amarilla, ensayo) y pérdida de la línea de Shenton (línea verde) y de la cobertura cefálica.

Resultados

Resultados radiológicos de la pelvis (proyección antero-posterior) en los grupos los grupos de ensayo de 4 días, 1 semana y dos semanas (Tabla IV, V y VI).

La radiología de la pelvis empieza a mostrar alteraciones en las primeras fases del ensayo (grupo de 4 días) que van progresando en los distintos grupos evolutivos y que afectan tanto al acetábulo como a la pelvis en general.

En el grupo de cuatro días, se aprecian afectaciones de las medidas angulares del acetábulo; así, se observa aumento del ángulo de inclinación acetabular ($p=0,0128$), disminución del ángulo de inclinación acetabular modificado ($p=0,001$) y aumento del índice acetabular ($p=0,0006$). Se observa disminución los ángulos Ilio-Isquion AP ($p=0,0006$) y ángulo trirrradiado isquion ($p=0,0001$) (Tabla IV).

En el grupo de una semana aparecen más manifiestas las alteraciones señaladas en el grupo de cuatro días. Se observa aumento del ángulo de inclinación acetabular ($p=0,0332$), disminución del ángulo de inclinación acetabular modificado ($p=0,0001$), el aumento del índice acetabular ($p=0,0053$), aumento de la oblicuidad del techo acetabular ($p=0,0001$), disminución del índice de extrusión acetabular ($p=0,0004$), aumento de la distancia isquion a línea media ($p=0,0348$), disminución de la anchura de la pared acetabular ($p=0,0122$), aumento de la anchura del trasfondo acetabular ($p=0,0008$) y disminución del ángulo ilion-isquion AP ($p=0,0001$) y del ángulo trirrradiado isquion ($p=<0,0001$) (Tabla V).

En el grupo de las dos semanas, siguen manteniéndose los parámetros alterados en el grupo de una semana. Se observa aumento del ángulo de inclinación acetabular ($p=0,0022$), disminución del ángulo de inclinación acetabular modificado ($p=0,0087$), aumento de la oblicuidad del techo acetabular ($p=0,0046$), aumento del ángulo del techo ($p=0,0152$), disminución del índice de extrusión acetabular ($p=0,0022$), aumento de la distancia del isquion a línea media ($p=0,0022$), aumento de la anchura del trasfondo ($p<0,0001$) y disminución de la anchura del ilion-isquion medial ($p=0,0173$). Se

Resultados

mantiene la disminución del ángulo ilion-isquion AP ($p=0,0022$) y ángulo trirradiado isquion ($p=0,0022$) (Tabla VI).

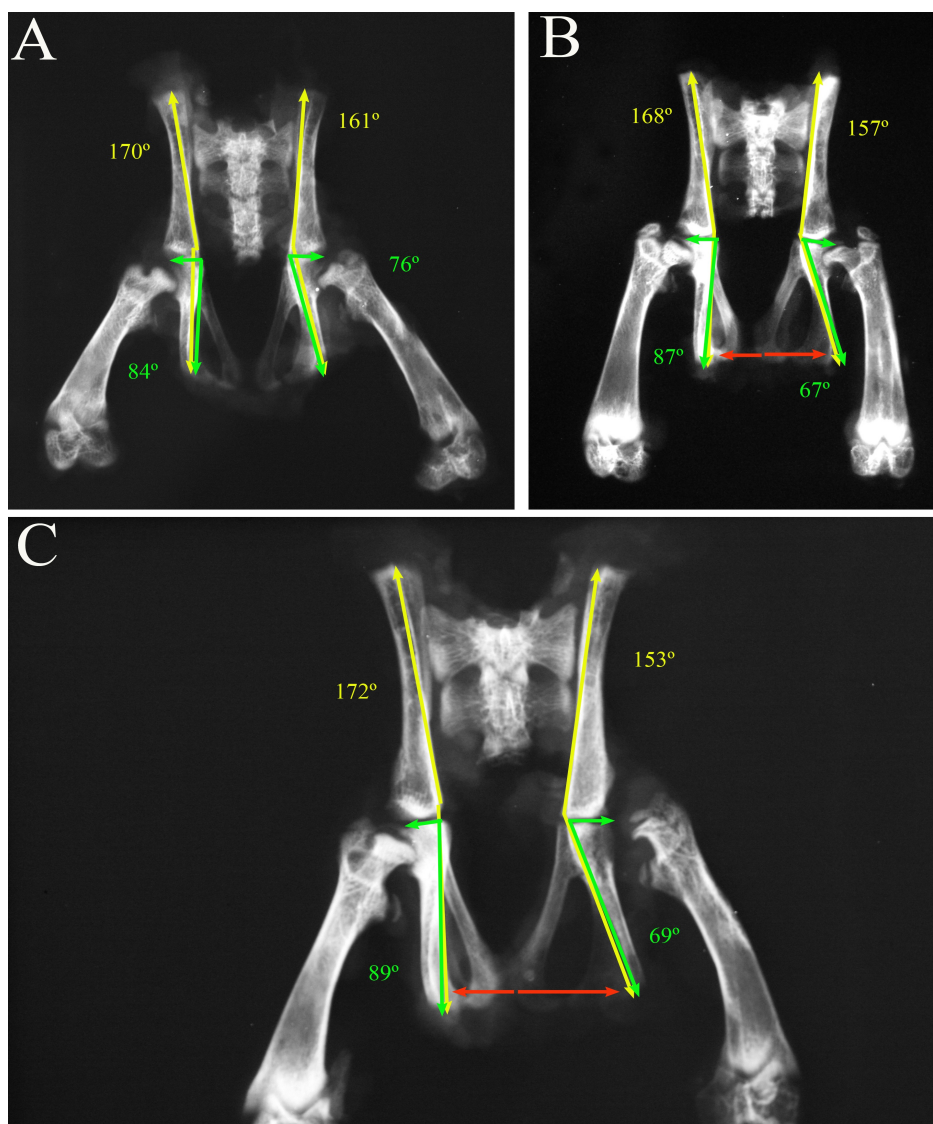


Fig. 132. Imagen radiográfica de la pelvis (AP). A: caso del grupo de 4 días. Lado derecho, control. Se observa aumento del ángulo Ilion-Isquion Ap (línea amarilla) y del ángulo trirradiado-isquion (línea verde). B: caso del grupo de 1 semana. Se observa aumento del ángulo Ilion-Isquion Ap (línea amarilla), del ángulo trirradiado-isquion (línea verde) y aumento de la distancia isquion a línea media (línea roja). C: caso del grupo de 2 semana. Se observa aumento del ángulo Ilion-Isquion Ap (línea amarilla), del ángulo trirradiado-isquion (línea verde) y aumento de la distancia isquion a línea media (línea roja).

Resultados

Resultados radiológicos del fémur en los grupos de ensayo de 4 días, 1 semana y dos semanas (Tabla X, XI y XII).

En el grupo de los cuatro días o precoz, se observa disminución de la altura del trocánter mayor a la cabeza ($p=0,0041$), disminución de la anchura cefálica ($p=0,04$) y de la anchura del cuello medio ($p=0,04$), disminución de la longitud medial del cuello ($p=0,0473$) y aumento del ángulo cervico-diafisario ($p=0,001$). Se observa aumento de la anchura de la diáfisis femoral ($p=0,0473$) (Tabla X).

En el grupo de una semana o medio, se consolidan las alteraciones señaladas en el grupo de cuatro días. Se observa disminución de la anchura cefálica ($p<0,0001$), disminución de la anchura del cuello medio ($p<0,0001$), disminución de la longitud medial del cuello ($p=0,0229$), aumento del ángulo cervico-diafisario ($p=0,0083$) y aumento de la anchura de la diáfisis femoral ($p=0,0185$) (Tabla XI).

En el grupo de las dos semanas, se acumulan las alteraciones señaladas en los dos grupos precedentes y se añaden gran número de nuevas alteraciones. Se observa disminución de la anchura cefálica ($p=0,0001$), disminución de la anchura del cuello medio ($p=0,0001$), disminución de la longitud medial del cuello ($p=0,0015$), aumento del ángulo cervico-diafisario ($p=0,0022$) y aumento de la anchura de la diáfisis femoral ($p=0,0496$), aumento de la distancia entre trocánter mayor y la cabeza femoral ($p=0,0008$), disminución de la longitud lateral del cuello ($p=0,0111$), aumento del ángulo cervico-cefálico ($p=0,0079$), disminución del ángulo epifisario ($p=0,0032$), disminución de la anchura de la metáfisis proximal del fémur ($p=0,0262$) y, por último, disminución de la anchura de la metáfisis distal ($p=0,0094$). Señalamos el incremento de la altura del trocánter mayor a la cabeza ($p=0,0008$) que en el anterior periodo no era significativo, y en el precoz disminuía (Tabla XII).

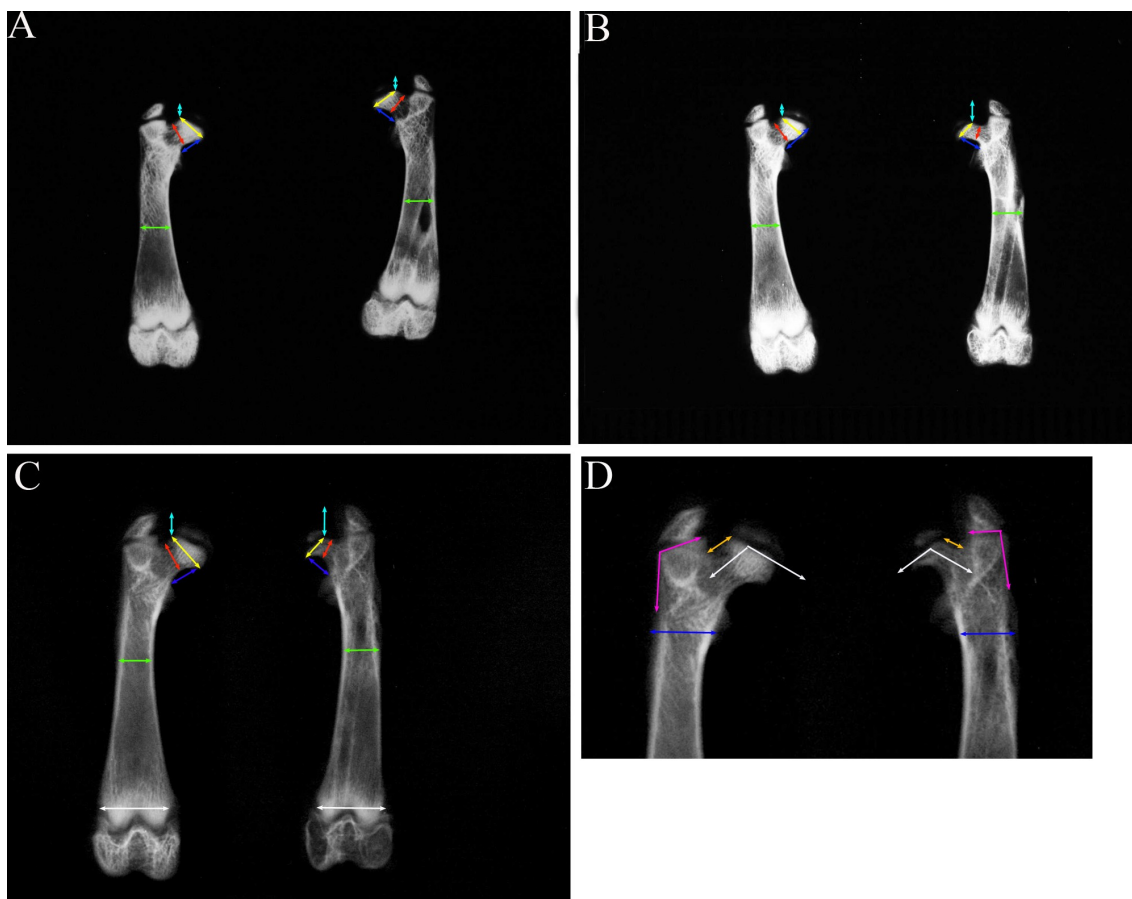


Fig. 133. Imagen radiográficas anteroposteriores del fémur de rata. Lado derecho, control. Lado izquierdo, ensayo. A, caso del grupo de 4 días, se observa disminución de la altura del trocánter mayor a la cabeza (flecha azul), disminución de la anchura cefálica (flecha amarilla) y de la anchura del cuello medio (flecha roja), disminución de la longitud medial del cuello (flecha azul), aumento del ángulo cervico-diafisario y aumento de la anchura de la diáfisis femoral (flecha verde). B, caso del grupo de una semana, se observa disminución de la anchura cefálica (flecha amarilla), disminución de la anchura del cuello medio (flecha roja), disminución de la longitud medial del cuello (flecha azul), aumento del ángulo cervico-diafisario y aumento de la anchura de la diáfisis femoral (flecha verde). C, caso del grupo de dos semanas, se observa disminución de la anchura cefálica (flecha amarilla), disminución de la anchura del cuello medio (flecha roja), disminución de la longitud medial del cuello (flecha azul), aumento del ángulo cervico-diafisario y aumento de la anchura de la diáfisis femoral (flecha verde), aumento de la distancia entre trocánter mayor y la cabeza femoral (flecha celeste) y disminución de la anchura de la metáfisis distal (flecha blanca). D, caso del grupo de dos semanas a más detalle, se observa disminución de la longitud lateral del cuello (flecha naranja), aumento del ángulo cervico-cefálico (flecha blanca), disminución del ángulo epifisario (flecha magenta), disminución de la anchura de la metáfisis proximal del fémur (flecha azul).

Resultados

Resultados radiológicos de la hemipelvis en los grupos de ensayo de 4 días, 1 semana y dos semanas (Tabla XIII, XIV y XV).

Los parámetros analizados en el estudio radiológico de la hemipelvis muestran muy pocas alteraciones. En el grupo de ensayo más precoz no se aprecia ningún parámetro alterado con significación estadística (Tabla XIII).

En el grupo de una semana post-ensayo se observa disminución de la anchura del cartílago trirradiado en su rama isquio-púbica ($p= 0,0233$), así como disminución del ángulo isquion posterior ($p= 0,0083$) (Tabla XIV).

En el grupo de ensayo a las dos semanas, se sigue manteniendo la disminución de la anchura de la rama isquio-púbica del cartílago trirradiado ($p=0,0295$), así como del ángulo del isquion posterior ($p=0,0288$). Además de estas alteraciones se añade la presencia de disminución de la anchura de la rama ilio-púbica del cartílago trirradiado ($p=0,0051$) (Tabla XIV).

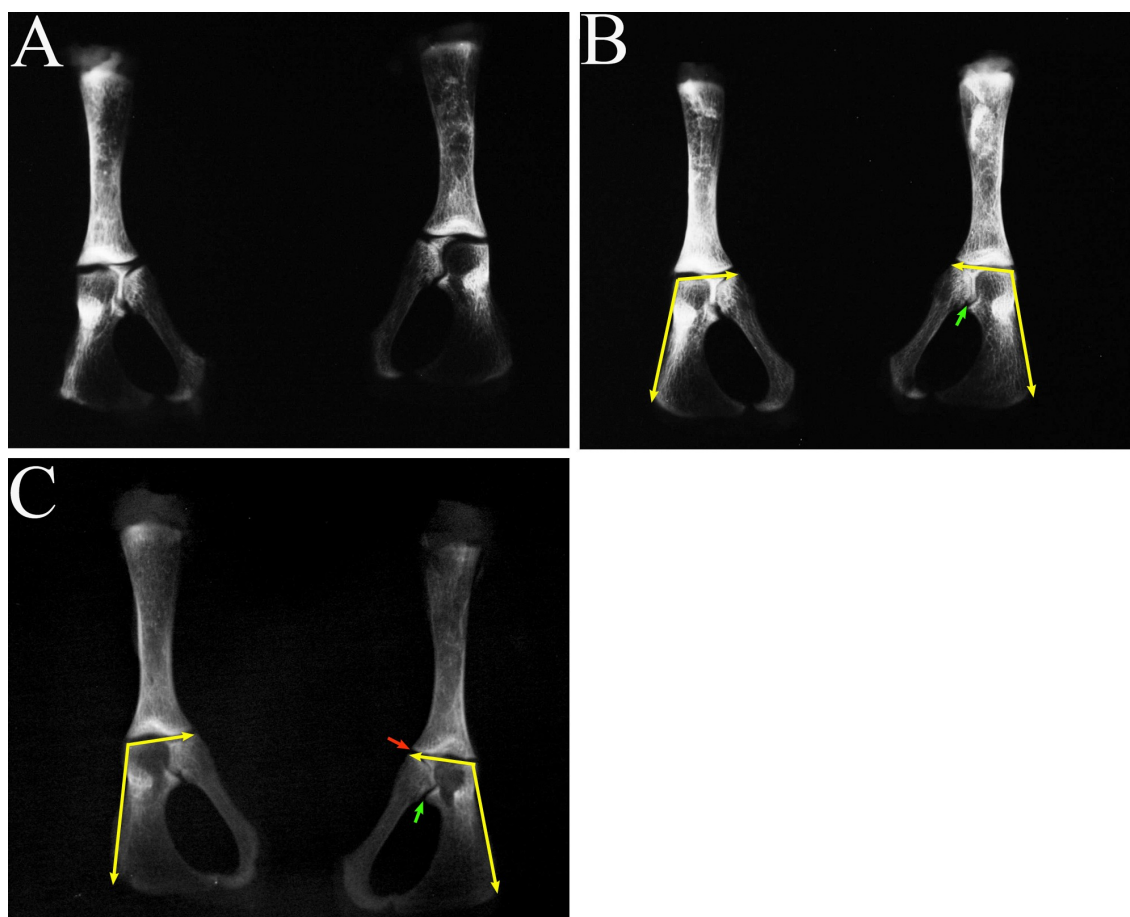


Fig. 134. Imagen radiográfica anteroposteriores de las hemipelvis o coxales del ensayo. Lado derecho, control. Lado izquierdo, ensayo. A, caso del grupo de 4 días, sin alteraciones significativas. B, caso del grupo de una semana, en el que se observa disminución del ángulo del isquion posterior (línea amarilla) y disminución de la anchura de la rama isquio-púbica del cartílago trirradiado (flecha verde). C, caso del grupo de dos semanas, se observa disminución del ángulo del isquion posterior (línea amarilla), disminución de la anchura de la rama isquio-púbica (flecha verde) y de la rama ilio-púbica (flecha roja) del cartílago trirradiado.

Resultados

Resultados radiológicos de la pelvis (proyección axial) en los grupos los grupos de ensayo de 4 días, 1 semana y dos semanas (Tabla VII, VIII y IX).

En el grupo de cuatro días, se observa incremento de la anchura rama isquio-pubiana en proyección axial ($p < 0,0001$) y del “ángulo de la rama” en proyección axial ($p = 0,0047$) (Tabla VII).

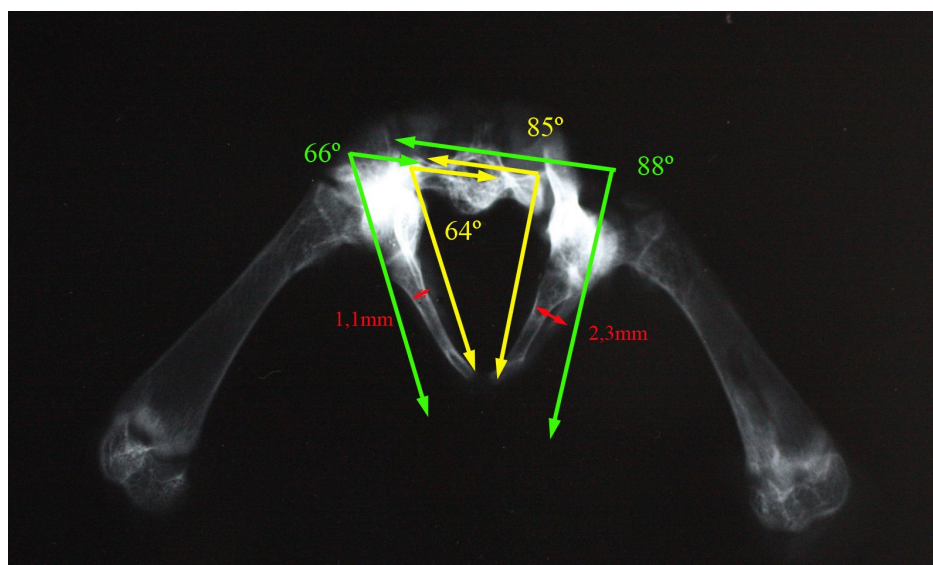


Fig. 135. Imagen radiográfica de la pelvis de la rata (proyección axial). Caso del grupo de 4 días. Se observa aumento del Angulo de anteversión acetábulo-sacro del lado izquierdo o ensayo (línea verde) y del ángulo de la rama en proyección axial del lado izquierdo o ensayo (línea amarilla). Se observa incremento de la anchura de la rama en proyección axial en el lado izquierdo o ensayo (línea roja)

En el grupo de una semana, se observa incremento del “ángulo de la rama” isquio-pubiana en proyección axial ($p = 0,0099$) y del ángulo de anteversión acetábulo-sacro ($p = 0,0188$) (Tabla VIII).

Resultados

En el grupo de dos semanas, se observa incremento de la anchura del agujero obturador en proyección axial ($p=0,0106$), del “ángulo de la rama” en proyección axial ($p= 0,0104$) y del ángulo de anteversión acetábulo-sacro ($p= 0,0040$) (Tabla IX).

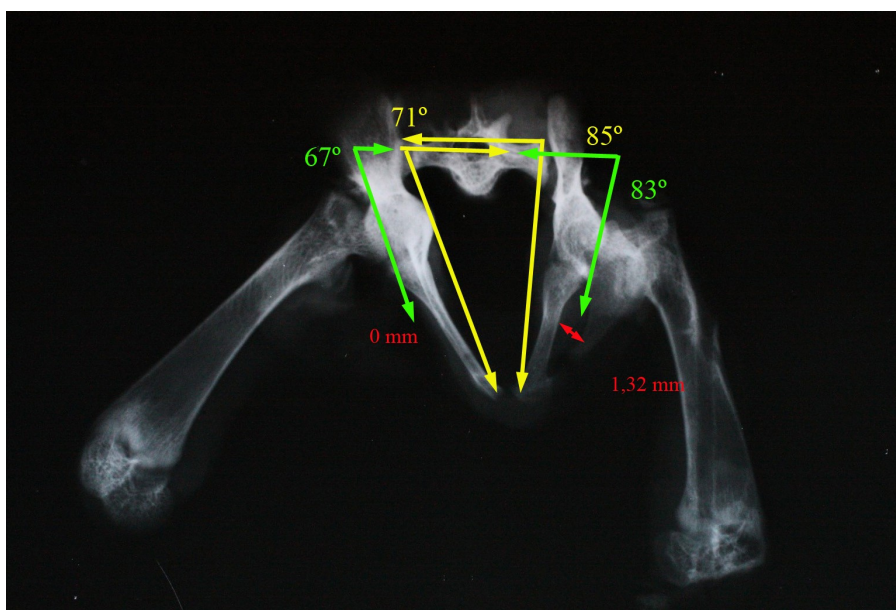


Fig. 136. Imagen radiográfica de la pelvis de la rata (proyección axial). Caso del grupo de una semana. Se observa aumento del Angulo de anteversión acetábulo-sacro del lado izquierdo o ensayo (línea verde) y del ángulo de la rama en proyección axial del lado izquierdo o ensayo (línea amarilla). Se observa incremento de la anchura del agujero obturador en proyección axial en el lado izquierdo o ensayo (línea roja).

5.2.4. Resumen de los resultados de la valoración radiográfica del ensayo.

Grupo de ensayo de cuatro días.

En la valoración macroscópica radiográfica, se observa subluxación del lado del ensayo, sin presencia de luxación completa, con afectación de la cobertura de la cabeza. Todas las posiciones de la cabeza alteradas son altas. La alteración de la línea de Shenton es uno de los parámetros más afectados ($p=0,0019$). Por el contrario, la cabeza no se ve afectada ni en la forma del cuello, ni en el centro de osificación de la cabeza (Tabla XX).

En la valoración de la proyección antero-posterior de la pelvis, se observa aumento del ángulo de inclinación acetabular y aumento del índice acetabular, así mismo disminución del ángulo de inclinación acetabular modificado, del ángulo Ilio-Isquion AP y del ángulo trirradiado isquion.

En la valoración radiográfica del fémur, se observa disminución de la altura del trocánter mayor a la cabeza, disminución de la anchura cefálica, de la anchura del cuello medio y disminución de la longitud medial del cuello, así como aumento del ángulo cervico-diafisario y de la anchura de la diáfisis femoral.

En la valoración de la hemipelvis, no se aprecia ningún parámetro alterado con significación estadística.

En la valoración de la proyección axial, se observa incremento de la anchura rama isquio-pubiana y del "ángulo de la rama" en proyección axial.

Grupo de ensayo de una semana.

En la valoración macroscópica radiográfica, se observa aumento de la subluxación sin casos de luxación completa, disposición alta de la cabeza, alteración de

Resultados

la línea de Shenton, alteraciones en la simetría de la osificación de la cabeza femoral, alteraciones de la morfología del cuello femoral y disminución de la cobertura articular.

En la valoración de la proyección antero-posterior de la pelvis, se aprecia aumento del ángulo de inclinación acetabular, aumento del índice acetabular, aumento de la oblicuidad del techo acetabular, aumento de la distancia isquion a línea media y aumento de la anchura del trasfondo acetabular, así mismo hay disminución del ángulo de inclinación acetabular modificado, del índice de extrusión acetabular, de la anchura de la pared acetabular, del ángulo ilion-isquion AP y del ángulo trirradiado isquion.

En la valoración radiográfica del fémur, se observa disminución de la anchura cefálica, de la anchura del cuello medio y de la longitud medial del cuello ($p=0,0229$), y aumento del ángulo cervico-diafisario y de la anchura de la diáfisis femoral.

En la valoración de la hemipelvis, se aprecia disminución de la anchura del cartílago trirradiado en su rama isquio-púbica y del ángulo isquion posterior.

En la valoración de la proyección axial, se incrementa el ángulo de la rama en proyección axial y del ángulo de anteversión acetábulo-sacro.

Grupo de ensayo de dos semanas.

En la valoración macroscópica radiográfica, se observa luxación articular, con altura de la cabeza alta en todos los casos. La línea de Shenton está alterada en todos los casos, así como la osificación de la cabeza femoral, el cuello y la cobertura de la cabeza.

En la valoración de la proyección antero-posterior de la pelvis, se observa aumento del ángulo de inclinación acetabular, de la oblicuidad del techo acetabular, del ángulo del techo, de la distancia del isquion a línea media y de la anchura del trasfondo; aparece disminución del ángulo de inclinación acetabular modificado, del índice de extrusión acetabular, de la anchura del ilion-isquion medial, del ángulo ilion-isquion AP y del ángulo trirradiado isquion.

Resultados

En la valoración radiográfica del fémur, se aprecia disminución de la anchura cefálica, de la anchura del cuello medio, de la longitud medial del cuello, de la longitud lateral del cuello, del ángulo epifisario, de la anchura de la metáfisis proximal del fémur y de la anchura de la metáfisis distal; y aumento del ángulo cervico-diafisario, de la anchura de la diáfisis femoral, de la distancia entre trocánter mayor y la cabeza femoral, del ángulo cervico-cefálico y de la altura del trocánter mayor a la cabeza.

En la valoración de la hemipelvis, se observa la disminución de la anchura de la rama isquio-púbica del cartílago trirradiado, del ángulo del isquion posterior y de la anchura de la rama ilio-púbica del cartílago trirradiado.

En la valoración de la proyección axial, se observa incremento de la anchura del agujero obturador en proyección axial, del “ángulo de la rama” en proyección axial y del ángulo de anteversión acetábulo-sacro.

En resumen, en el grupo de cuatro días sólo aparecen subluxaciones radiográficas con deformidad del isquion. En el grupo de una semana, empiezan a aparecer casos de luxación articular, aumentando la deformidad del isquion y apareciendo alteraciones en fémur en la zona de la cabeza y del cuello. En el grupo de dos semanas, predomina la luxación articular y la deformidad del isquion es más evidente. Las alteraciones del fémur progresan con hipoplasia de la zona proximal del fémur.

5.2.5. Resultados macroscópicos de los componentes de la articulación de la cadera.

Resultados macroscópicos del acetábulo en los grupos de ensayo de 4 días, 1 semana y dos semanas (Tabla XVI, XVII y XVIII).

En el grupo de cuatro días, se observa una disminución de la anchura del cotilo ($p=0,0473$) y disminución del eje mayor del cotilo ($p=0,001$). Por otra parte, se objetiva un aumento de la longitud entre el reborde anterior de la pelvis ($p=0,0032$), y aumento de la longitud entre el reborde inferior del cotilo y el agujero obturador ($p=0,0001$). El perímetro del acetábulo se reduce de forma significativa ($p=0,0066$) y también el área formada por el cotilo ($p=0,0008$). Por último también se aprecia un aumento de la anchura del ligamento transversal ($p=0,0001$) (Tabla XVI).

En el grupo de una semana, se mantienen las alteraciones señaladas en el grupo precedente. De este modo, se observa disminución de la anchura del cotilo ($p=0,0024$), y del eje mayor del mismo ($p<0,0001$), disminución de la altura del cotilo ($p<0,0001$) y aumento de la longitud entre el cotilo y el reborde anterior de la pelvis ($p=0,0052$) y aumento de longitud entre el borde inferior del cotilo y el agujero obturador ($p<0,0001$). El perímetro del cotilo disminuye ($p<0,0001$) y disminuye el área que ocupa el cotilo ($p=0,0002$). La anchura del ligamento transversal aumenta ($p<0,0001$) (Tabla XVII).

En el grupo de las dos semanas, se consolidan las alteraciones antes señaladas y se añade el aumento de la longitud del ligamento redondo ($p=0,0079$). La altura del cotilo disminuye ($p=0,0327$), así como la anchura ($p=0,0001$) y la distancia del eje mayor del cotilo ($p=0,0243$). La longitud entre el cotilo y el reborde anterior de la pelvis se incrementa ($p=0,0021$), así como la distancia entre el cotilo y el agujero obturador ($p=0,0001$). Dada la alteración estructural del acetábulo con gran hipertrofia del labrum y la cápsula, se han tomado dos medidas tanto del borde más externo como del interno. Ambas están disminuidas de manera significativa. La anchura del ligamento transversal aumenta ($p=0,0001$) (Tabla XVIII).

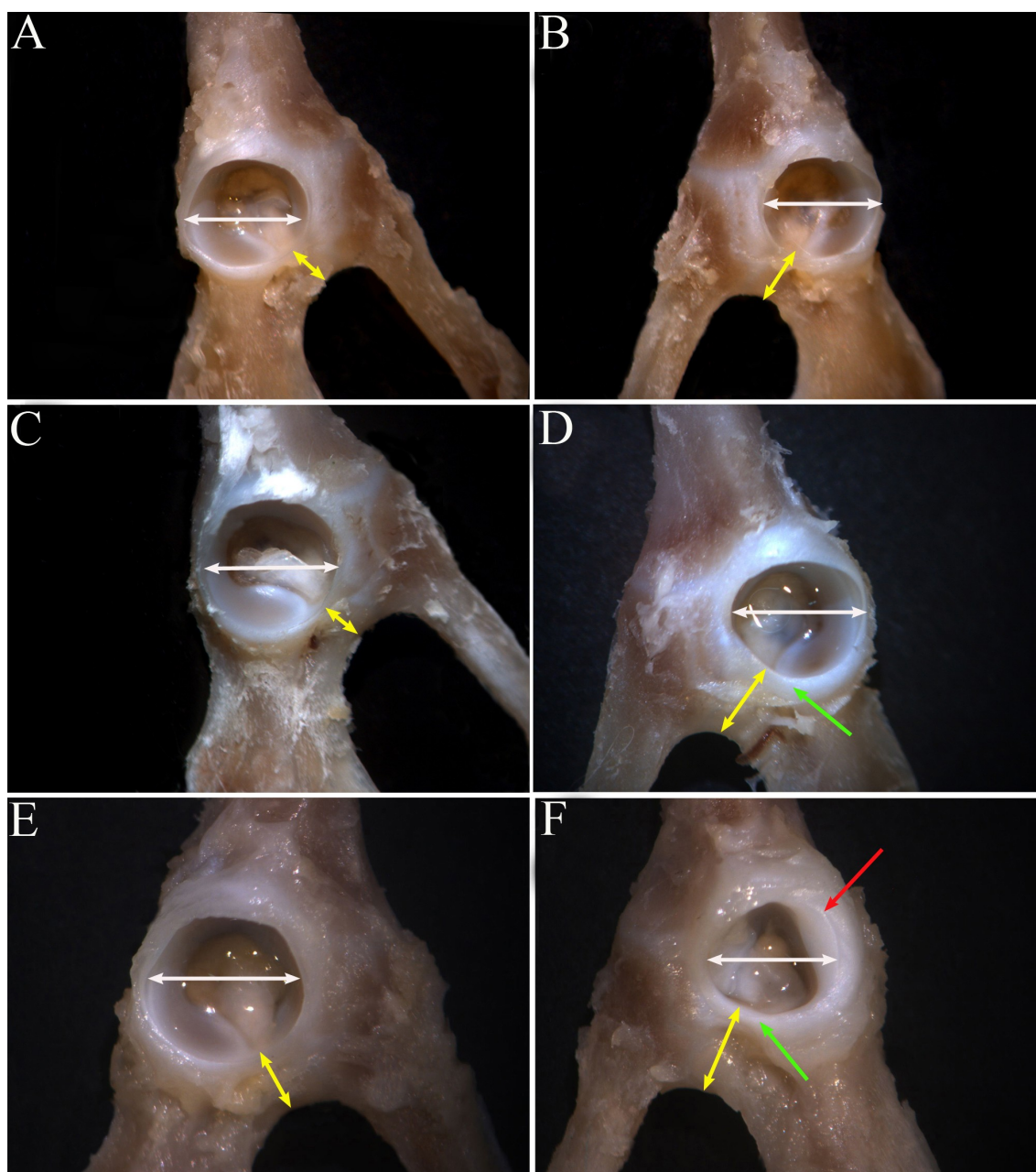


Fig. 137. Imagen macroscópica del acetábulo de rata. A y B: grupo de 4 días. C y D: grupo de una semana. E y F, grupo de dos semanas. A, imagen del lado control en el grupo de 4 días. B: imagen del lado del ensayo, se observa disminución de la anchura del acetábulo (flecha blanca) y de la distancia entre agujero obturador y acetábulo (flecha amarilla). C: imagen del lado control en el grupo de una semana. D: imagen del lado del ensayo, donde se observa un acetábulo más pequeño en sus medidas lineales (flecha blanca) y perímetro, aumento de la distancia entre agujero obturador y acetábulo (flecha amarilla) y aumento de la anchura del ligamento transverso (flecha verde). E: imagen del lado control en el grupo de dos semanas. F: imagen del lado del ensayo del grupo de dos semanas, se observa la hipertrofia del labrum (flecha roja), la disminución de la anchura y altura del acetábulo (flecha blanca), aumento de la distancia entre agujero obturador y acetábulo (flecha amarilla), aumento de la distancia entre reborde anterior de la pelvis y acetábulo y aumento de la anchura del ligamento transverso (flecha verde).

Resultados

Resultados macroscópicos de la hemipelvis en los grupos de ensayo de 4 días, 1 semana y dos semanas (Tabla XIX, XX y XXI).

En el grupo de cuatro días, encontramos dos parámetros alterados con significación estadística, estos son aumento de la distancia entre el orificio obturador y el borde más próximo del acetábulo ($p=0,0002$), y aumento del “ángulo lateral” del coxal ($p=0,0147$) (Tabla XIX).

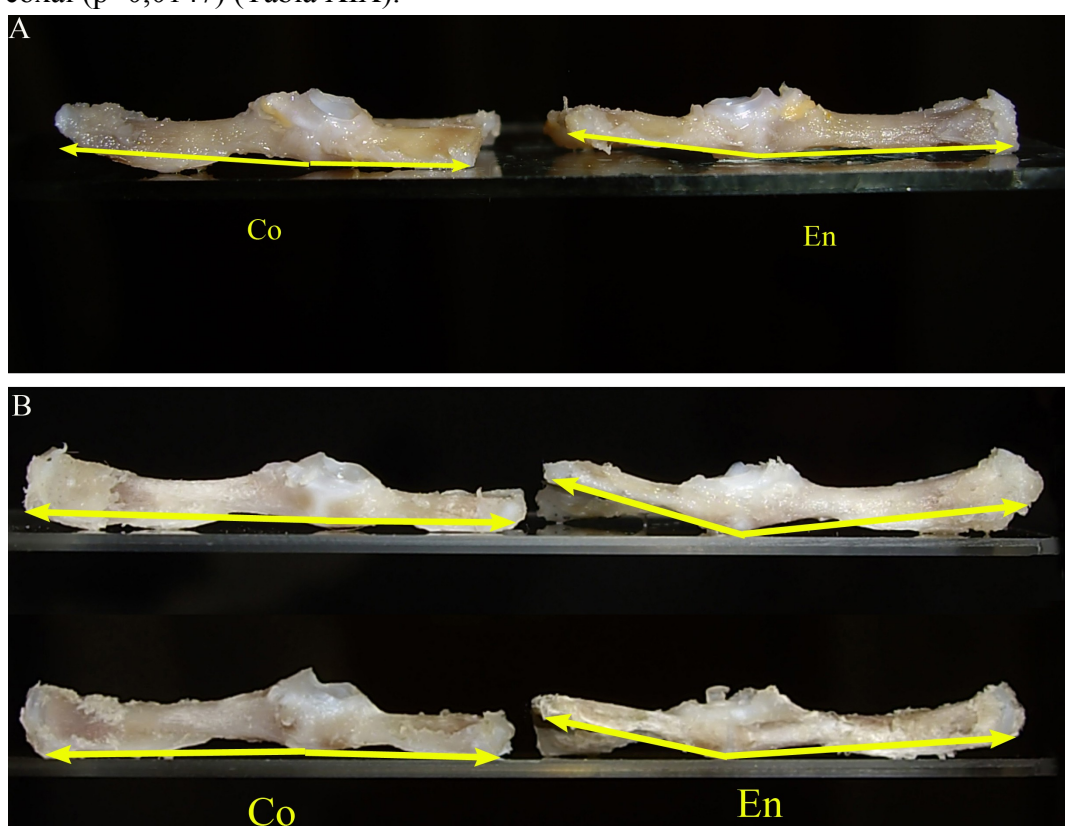


Fig. 138. Imagen macroscópica de la hemipelvis (lateral). A, caso del grupo de cuatro días con aumento del ángulo lateral (flecha amarilla). B, dos casos del grupo de dos semanas con aumento del ángulo lateral (flechas amarillas) en el lado del ensayo (En). Co, control.

En el grupo de una semana, están alterados los parámetros señalados en el grupo de cuatro días. De este modo, se aprecia un aumento de la distancia entre el orificio

Resultados

obturador y el borde más próximo del acetábulo ($p=0,0158$), y por otra se incrementa el ángulo lateral ($p=0,0147$) (Tabla XX).

En el grupo de dos semanas, se sigue manteniendo la modificación de los parámetros que hemos señalado. De este modo se aprecia un aumento de la distancia entre el orificio obturador y el borde más próximo del acetábulo ($p=0,0002$), y por otra se incrementa el ángulo lateral ($p< 0,0001$). Se observa incremento del ángulo púbico-centro-isquiático ($p=0,0032$) (Tabla XXI).

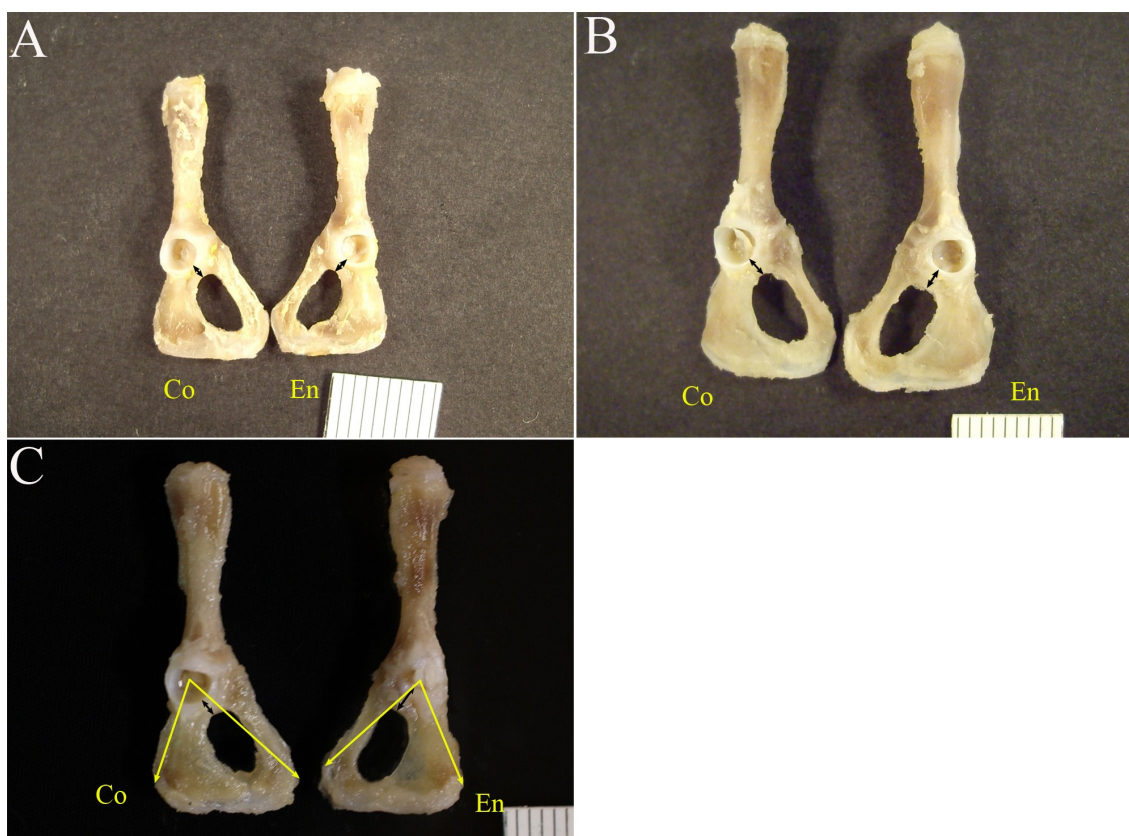


Fig. 139. Imagen macroscópica de la hemipelvis de la rata. A: caso del grupo de 4 días, se observa aumento de la distancia entre agujero obturador y acetábulo (flechas negras). B: caso del grupo de una semana, se observa aumento de la distancia entre agujero obturador y acetábulo (flechas negras). C: caso del grupo de 2 semanas, se observa aumento de la distancia entre agujero obturador y acetábulo (flechas negras) y aumento del ángulo púbico-centro-isquiático. Co, control. En, ensayo.

Resultados

Resultados macroscópicos de la cara anterior de la epífisis femoral proximal en los grupos de ensayo de 4 días, 1 semana y dos semanas (Tabla XXII, XXIII y XIV).

En el grupo de cuatro días, se observa aumento de la altura de la cabeza en la medición en la cara anterior ($p=0,0004$), disminución en la anchura del cuello anterior ($p=0,0104$) y aumento del ángulo cervico-diafisario ($p=0,0002$) (Tabla XXII).

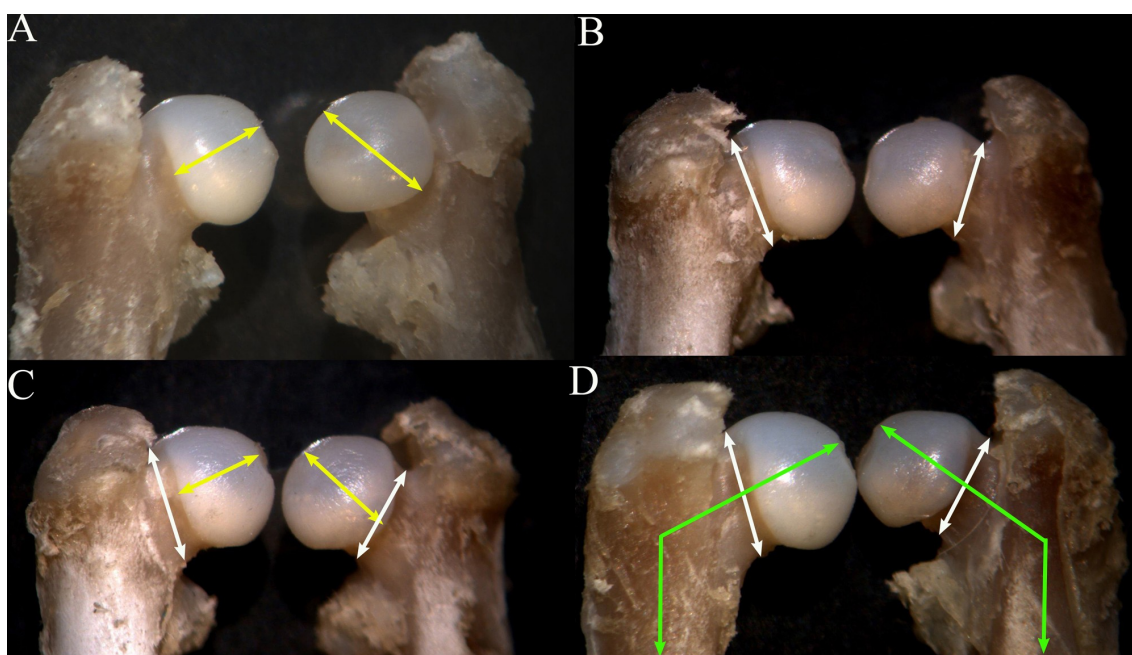


Fig. 140. Imagen macroscópica de la epífisis femoral proximal en el grupo de 4 días. Lado derecho, control. Lado izquierdo, ensayo. A: aumento de la altura de la cabeza (líneas amarillas). B: disminución de la anchura del cuello femoral (líneas blancas). C: aumento de la altura de la cabeza (líneas amarillas) y disminución de la anchura del cuello femoral (líneas blancas). D: disminución de la anchura del cuello femoral (líneas blancas) y aumento del ángulo cervico-diafisario (líneas verdes).

En el grupo de una semana, no se aprecia modificación de la altura de la cabeza femoral ($p=0,4779$) como señalábamos en el grupo anterior. El área de la superficie articular medida en la cabeza disminuye ($p=0,0003$), así como la anchura de la cabeza femoral ($p<0,0001$). También disminuye la anchura del cuello femoral ($p<0,0001$). Se aprecia un aumento de la distancia entre el trocánter mayor y la zona más superior de la

Resultados

cabeza femoral ($p=0,0433$). Se observa disminución de la anchura del fémur al nivel del cuello femoral ($p=0,0052$). Además se reduce el ángulo cervico-diafisario ($p=0,0066$) (Tabla XXIII).

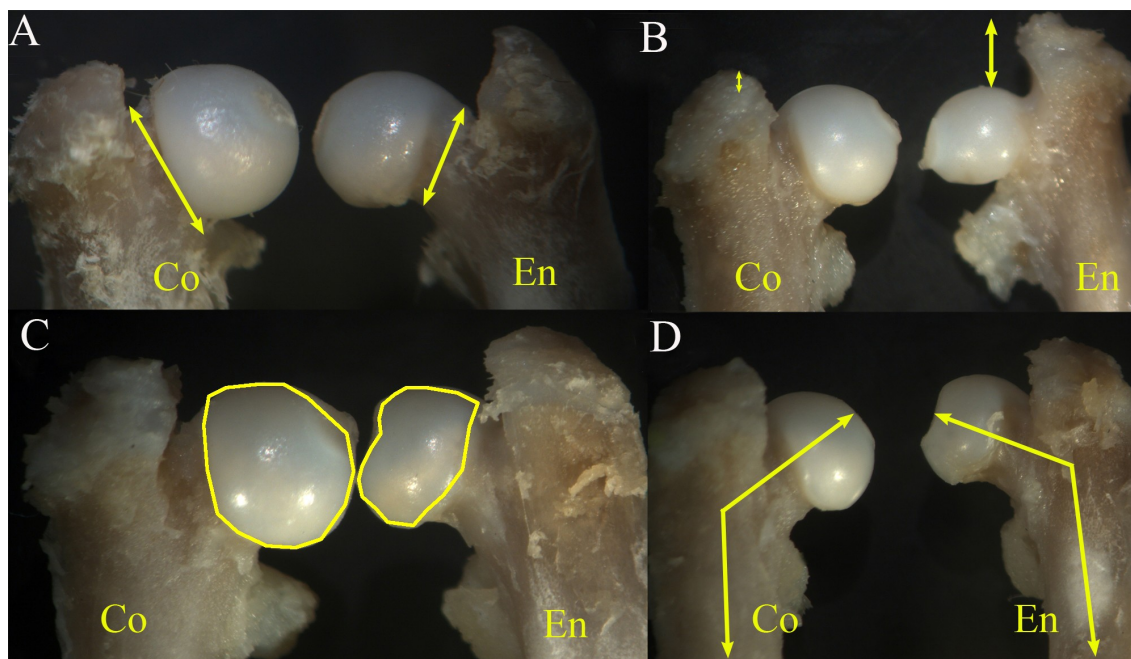


Fig. 141. Imagen macroscópica de la epífisis femoral proximal en el grupo de una semana. A. disminución de la anchura del cuello femoral (líneas amarillas). B: aumento de la distancia entre el trocánter mayor y la cabeza femoral (línea amarilla). C: disminución de la superficie articular de la cabeza. D: reducción del ángulo cervico-diafisario (líneas amarillas). Co, control. En, ensayo.

En el grupo de dos semanas, la disminución de la cabeza se hace más significativa ($p=0,0031$). También disminuye el área de la superficie articular cefálica ($p=0,0002$), así como la anchura de la cabeza en esta visión anterior ($p=0,0008$). La anchura del cuello decrece ($p=0,0003$), así como la anchura del fémur a la altura del cuello ($p=0,0433$). La distancia entre el trocánter mayor y la cabeza femoral aumenta

Resultados

($p=0,0022$), y el ángulo cervico-diafisario no experimenta una modificación significativa (Tabla XXIV).

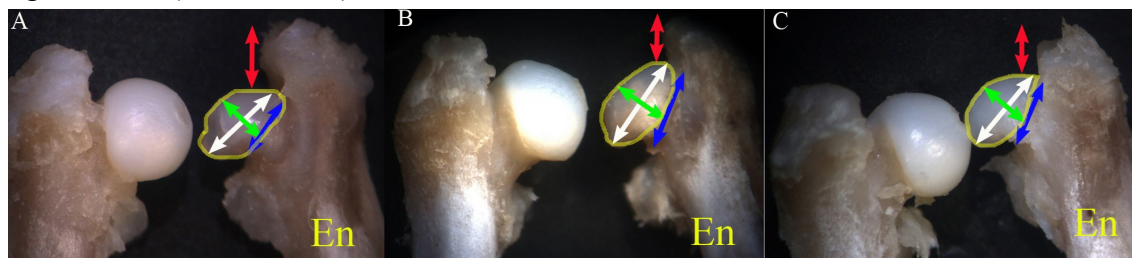


Fig. 142. Imagen macroscópica de la epífisis femoral proximal en el grupo de dos semanas. A, B y C: disminución de la altura (flecha verde) y anchura (flecha blanca) de la cabeza femoral, disminución del área cefálica (línea amarilla), disminución de la anchura del cuello (línea azul) y aumento de la distancia entre el trocánter mayor y la cabeza femoral (línea roja) en el lado del ensayo (En).

Resultados

Resultados macroscópicos de la cara posterior, superior y axial de la epífisis femoral proximal en los grupos de ensayo de 4 días, 1 semana y dos semanas (Tabla XXV, XXVI y XXVII).

En el grupo de cuatro días, se observa disminución del área de la cabeza en su vertiente posterior ($p=0,0336$), así mismo decrece la anchura de la cabeza en su cara

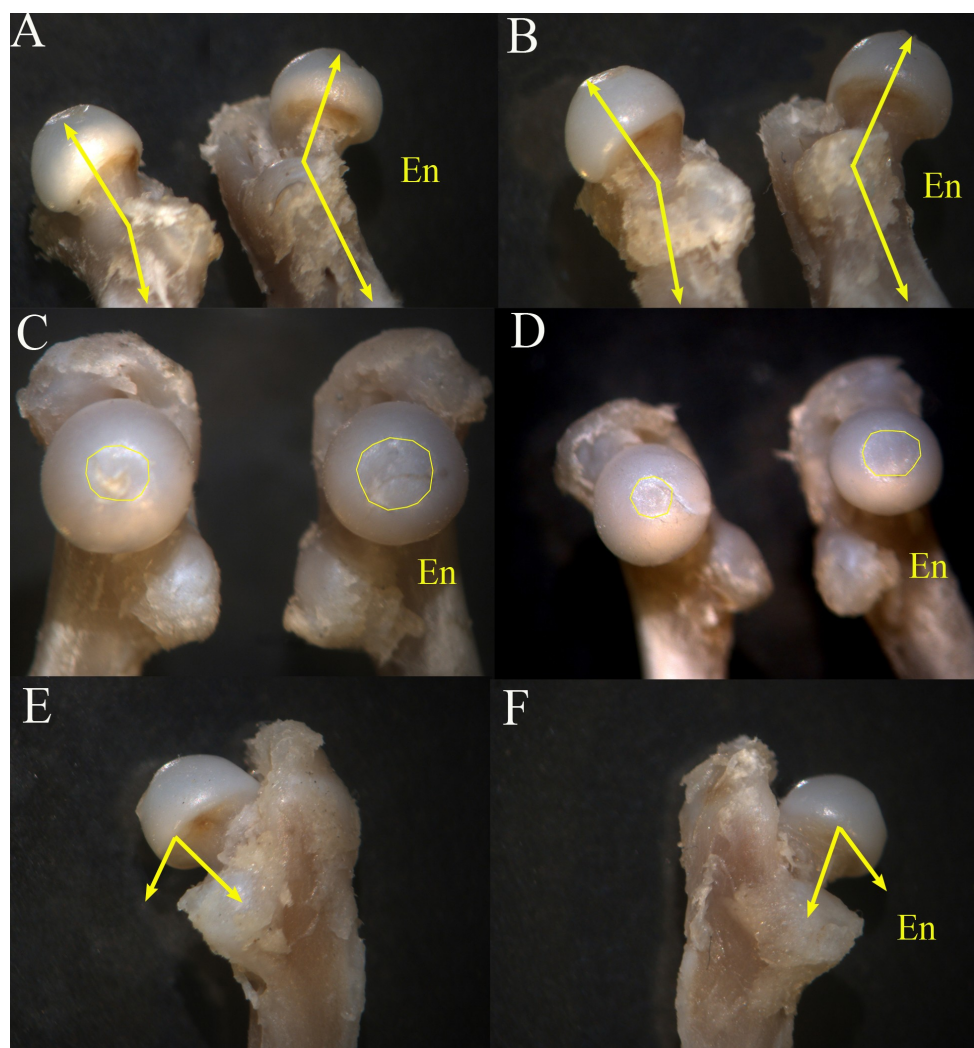


Fig. 143. Imagen macroscópica de la epífisis femoral proximal en el grupo de cuatro días. A y B: imagen axial con disminución del ángulo cuello-fémur en el ensayo (En). C y D: imagen del aumento del área de la fovea en los casos del ensayo (En). E y F: imagen posterior, con disminución del ángulo cuello cartílago posterior en el lado del ensayo (En).

Resultados

posterior ($p=0,0158$). Se observa reducción de la altura de trocánter menor a cabeza ($p=0,0473$). Por el contrario se objetiva aumento de la altura entre el trocánter mayor con respecto al punto más elevado de la cabeza femoral ($p=0,001$). La relación entre la cabeza y la fovea aumenta ($p=0,0001$), mientras que el ángulo del cuello con el cartílago posterior disminuye ($p=0,0019$) (Tabla XXV).

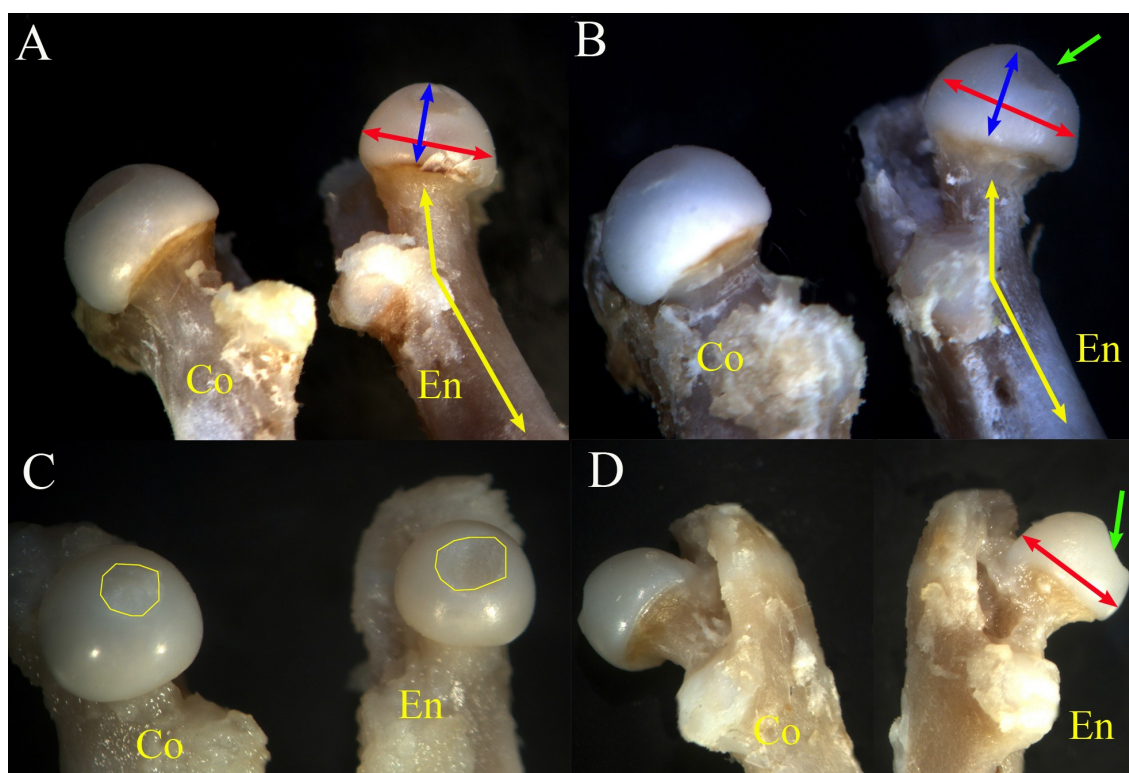


Fig. 144. Imagen macroscópica de la epífisis femoral proximal en el grupo de una semana. A y B: imagen axial con disminución del ángulo cuello-fémur (línea amarilla) en el lado de ensayo (En) y disminución de la altura (flecha azul) y de la anchura (flecha roja) de la cabeza femoral. C: imagen de la fovea con aumento de la misma en el grupo de ensayo (En) respecto al grupo control (Co). E: imagen posterior de la epífisis femoral proximal, con disminución de la anchura de la cabeza femoral (línea roja) y una fovea muy pronunciada (flecha verde).

En el grupo de una semana, se consolidan las alteraciones señaladas en el grupo anterior, de modo que disminuyen el área de la cabeza posterior ($p=0,0001$), la anchura

Resultados

de la cabeza posterior ($p=0,001$) y la altura de la cabeza al trocánter menor ($p=0,04$). Se observa aumento de la altura del trocánter mayor hasta la cabeza en la visión posterior ($p=0,0012$), disminución de la altura de la cabeza en la visión posterior ($p=0,0019$) y disminución de la anchura del cuello posterior ($p=0,0158$). Se observa aumento del ángulo cervico-diafisario posterior ($p=0,0281$). El área de la cabeza en la visión axial disminuye ($p=0,0041$), así como el área de la fovea ($p=0,0115$), produciendo un incremento de la relación entre el área de la cabeza y de la fovea ($p<0,0001$). También el ángulo del cuello con el cartílago posterior experimenta disminución ($p=0,0192$) (Tabla XXVI).

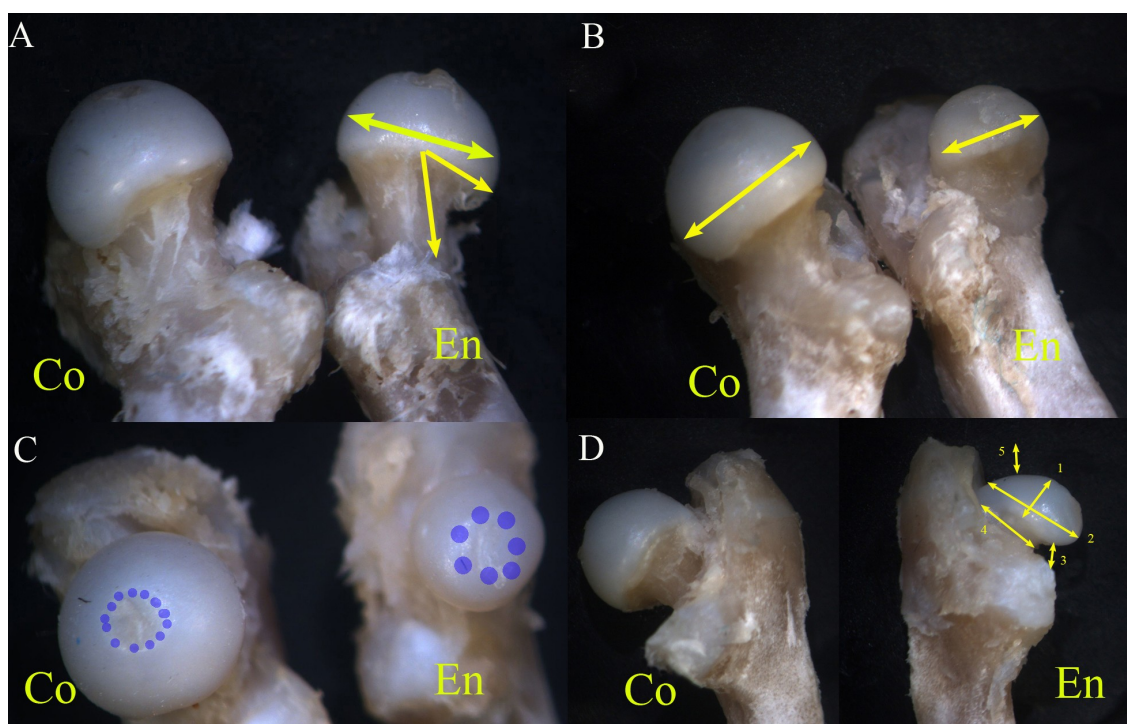


Fig. 145. Imagen macroscópica de la epífisis femoral proximal en el grupo de dos semanas. A y B: imagen axial con disminución del ángulo cuello-fémur y de la anchura de la cabeza en el lado del ensayo (En). C: imagen de la fovea con aumento de la misma en el grupo de ensayo (línea azul punteada). D: imagen posterior, con disminución de la altura de la cabeza (1), disminución de la anchura de la cabeza (2), disminución de la distancia cabeza a trocánter menor (3) disminución de la anchura del cuello (4), y disminución de la distancia desde el trocánter mayor a la cabeza femoral (5). Co, lado control. En, lado ensayo.

Resultados

En el grupo de dos semanas, se observa disminución de la altura posterior de la cabeza ($p=0,0008$), del área posterior de la cabeza ($p=0,0001$), de la anchura de la cabeza en la visión posterior ($p=0,0012$), de la anchura del cuello posterior ($p<0,0001$) y de la altura de la cabeza hasta el trocánter menor ($p=0,0002$). Los valores que experimentan incrementos son la altura del trocánter mayor a la cabeza posterior ($p=0,0001$) y el ángulo cartílago-cuello ($p=0,0007$). El área de la cabeza en la visión axial disminuye ($p=0,0004$) con un aumento de la relación entre el área de la cabeza y de la fovea ($p=0,0111$). Por último, se observa una disminución del ángulo del cuello con el cartílago posterior ($p=0,0243$) (Tabla XXVII).

5.2.6. Resumen de los resultados de la valoración macroscópica del ensayo.

A. Grupo de cuatro días.

En la valoración macroscópica del acetábulo, se observa disminución de la anchura del cotilo, del eje mayor del cotilo, del perímetro y del área del acetábulo. Por otra parte, se objetiva aumento de la longitud entre el reborde anterior de la pelvis, aumento de la longitud entre el reborde inferior del cotilo y el agujero obturador y aumento de la anchura del ligamento transverso.

En la valoración macroscópica de la hemipelvis, se aprecia aumento de la distancia entre el orificio obturador y el borde más próximo del acetábulo y aumento del ángulo lateral.

En la valoración macroscópica de la cara anterior de la epífisis anterior del fémur, se observa aumento de la altura de la cabeza en la medición en la cara anterior ($p=0,0004$), disminución en la anchura del cuello anterior ($p=0,0104$) y aumento del ángulo cervico-diafisario ($p=0,0002$).

En la valoración macroscópica de la cara posterior, superior y axial de la epífisis femoral proximal, se observa disminución del área de la cabeza en su vertiente posterior, de la anchura de la cabeza en su cara posterior de la altura de trocánter menor a cabeza y del ángulo del cuello con el cartílago posterior. Se objetiva aumento de la altura entre el trocánter mayor con respecto al punto más elevado de la cabeza femoral y de la relación entre la cabeza y la fóvea aumenta.

B. Grupo de una semana.

En la valoración macroscópica del acetábulo, se observa disminución de la anchura del cotilo, del eje mayor del mismo, disminución de la altura del cotilo, aumento de la longitud entre el cotilo y el reborde anterior de la pelvis, aumento de longitud entre el borde inferior del cotilo y el agujero obturador, y aumento de la

Resultados

anchura del ligamento transverso. El perímetro del cotilo disminuye, así como el área que ocupa el cotilo.

En la valoración macroscópica de la hemipelvis, se aprecia aumento de la distancia entre el orificio obturador y el borde más próximo del acetábulo y se incrementa el ángulo lateral.

En la valoración macroscópica de la cara anterior de la epífisis anterior del fémur, se observa disminución del área de la superficie articular medida en la cabeza disminuye, de la anchura de la cabeza femoral, de la anchura del fémur al nivel del cuello femoral, de la anchura del cuello femoral y del ángulo cérvico-diafisario. Se aprecia un aumento de la distancia entre el trocánter mayor y la zona más superior de la cabeza femoral.

En la valoración macroscópica de la cara posterior, superior y axial de la epífisis femoral proximal, se observa disminución del área de la cabeza posterior, de la anchura de la cabeza posterior, de la altura de la cabeza al trocánter menor, de la altura de la cabeza posterior, de la anchura del cuello posterior. Se observa aumento de la altura del trocánter mayor hasta la cabeza posterior y del ángulo cervico-diafisario posterior. El área de la cabeza en la visión axial disminuye, así como el área de la fóvea, produciendo un incremento de la relación entre el área de la cabeza y de la fóvea. También el ángulo del cuello con el cartílago posterior experimenta disminución.

C. Grupo de dos semanas.

En la valoración macroscópica del acetábulo, aumenta la longitud del ligamento redondo, aumenta la anchura del ligamento transverso, la altura del cotilo disminuye, así como la anchura y la distancia del eje mayor del cotilo. La longitud entre el cotilo y el reborde anterior de la pelvis se incrementa, así como la distancia entre el cotilo y el agujero obturador.

Resultados

En la valoración macroscópica de la hemipelvis, se aprecia aumento de la distancia entre el orificio obturador y el borde más próximo del acetábulo, incremento del ángulo lateral e incremento del ángulo púbico-centro-isquiático.

En la valoración macroscópica de la cara anterior de la epífisis anterior del fémur, se observa disminución de la cabeza se hace más significativa, del área de la superficie articular cefálica, de la anchura de la cabeza en esta visión anterior, de la anchura del cuello y de la anchura del fémur a la altura del cuello. La distancia entre el trocánter mayor y la cabeza femoral aumenta.

En la valoración macroscópica de la cara posterior, superior y axial de la epífisis femoral proximal, se observa disminución de la altura de la cabeza posterior, del área de la cabeza posterior, de la anchura de la cabeza posterior, de la anchura del cuello posterior y de la altura de la cabeza hasta el trocánter menor. Los valores que experimentan incrementos son la altura del trocánter mayor a la cabeza posterior y del ángulo cartílago-cuello. El área de la cabeza en la visión axial disminuye con un aumento de la relación entre el área de la cabeza y de la fóvea. Por último, se observa una disminución del ángulo del cuello con el cartílago posterior.

En resumen, en el grupo de ensayo de cuatro días hay disminución del tamaño de acetábulo y de la cabeza, el acetábulo se desplaza hacia postero-superior y se incrementa el ángulo lateral de la hemipelvis o coxal. En el grupo de una semana, la disminución del tamaño del acetábulo y la cabeza femoral se incrementan y el ángulo lateral de la hemipelvis progresa. En el grupo de las dos semanas, se observa más disminución del tamaño acetabular y cefálico femoral, así como aumento del ángulo lateral y de la deformidad del isquion.

5.2.7.Resultados histológicos en el grupo de ratas de cuatro días.

Centro de osificación secundario de la epífisis distal del ilion y de la epífisis proximal del isquion y pubis.

En los especímenes estudiados en este trabajo el centro de osificación secundario (COS) del ilion, recibe los vasos a partir de unos canales condrales (en número de 2-3) procedentes del pericondrio intra-cavitarios (Fig. 146).

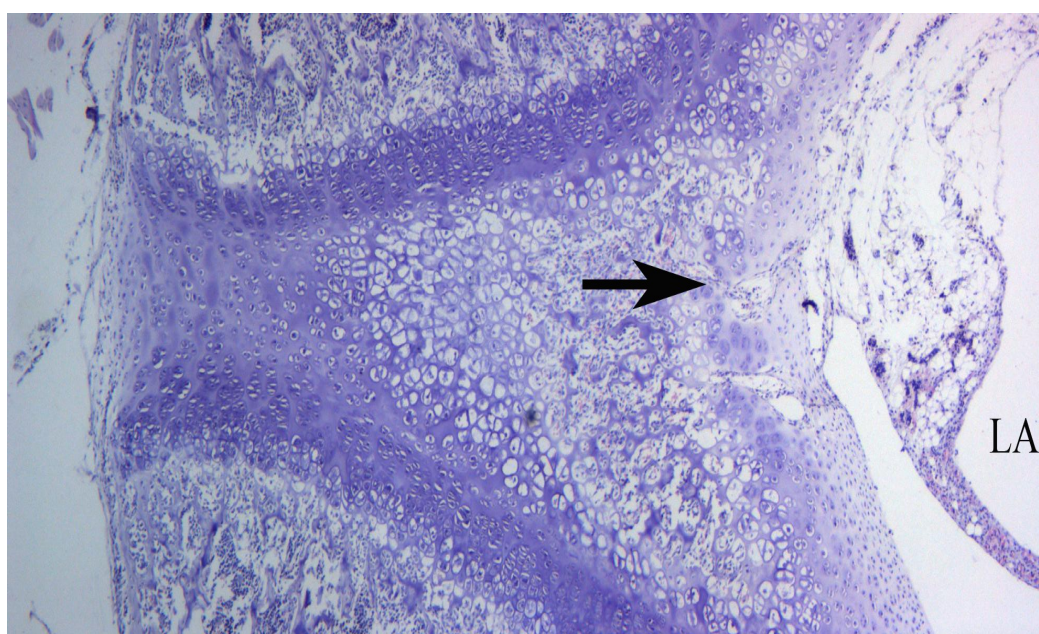


Fig.146. Histofotomicrografía de un corte sagital del acetábulo del grupo control. Detalle del centro de osificación secundario del ilion. Obsérvese localización de la entrada de los canales condrales (flecha).(caso 08-188). LA: luz articular. (HE, 10x)

El centro de osificación secundario del pubis recibe los vasos tanto de unos canales condrales procedentes del pericondrio intra-cavitario, así como de canales condrales extra-articulares procedentes del pericondrio de la cara externa del pubis (Fig. 147). En algunos casos del grupo ensayo se ha observado que estos canales conectan

Resultados

con las amplias luces vasculares. En algunos casos del grupo ensayo se observa tejido fibroso en la entrada de uno de estos canales (Fig. 147).

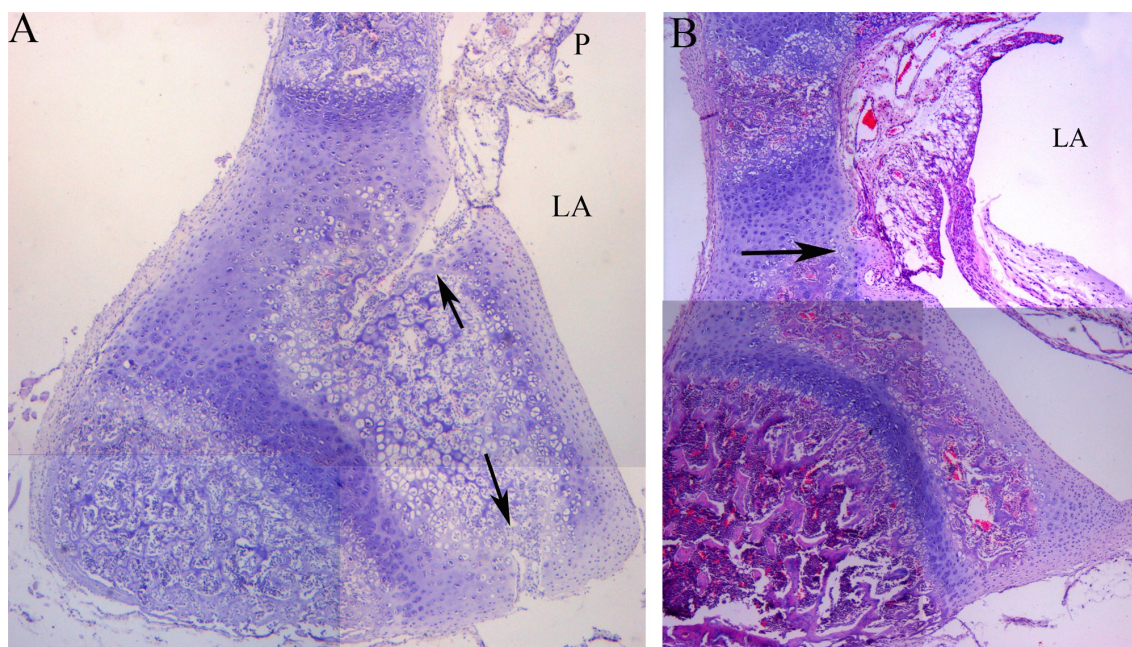


Fig. 147. Histofotomicrografía de un corte sagital del pubis. A, Grupo control. Se observa la entrada de dos sistemas de canales (flechas). B, Grupo ensayo. Se observa fibrosis en la entrada del canal (flecha) y amplias luces vasculares en pulvinar. Caso 08-191 y 08-187. (HE, x4)

El centro de osificación secundario del isquion recibe los vasos de canales condrales procedente del pericondrio intra-cavitario. En el isquion se ha observado en el grupo ensayo aumento del espesor del pericondrio comparado con el grupo control (Fig. 148). En este grupo de ensayo se ha observado, en los cortes transversales, la presencia de tejido cartilaginoso en el centro de osificación secundario, mientras en la misma zona de sección del grupo control se corresponde con presencia de tejido óseo, lo que traduce un retraso en la osificación del centro de osificación secundario del isquion.

Labrum.

En el grupo control, el labrum se observa afectado en toda la periferia del acetábulo en los casos de este grupo de ensayo. La zona más afectada es la zona del

Resultados

labrum correspondiente al isquion, 99,9% de los casos, que corresponde a la parte infero-posterior del reborde cotiloideo (Fig. 148-B). La hipertrofia del pericondrio en las zonas próximas al labrum del isquion aparece en el 36,3% de los casos. La hipertrofia del labrum del ilion y del pubis se observa en el 27,2% de los casos. La hipertrofia del labrum del ilion y del isquion se observa que se realiza a partir del tejido fibro-condral del mismo labrum (Fig. 148), mientras que la hipertrofia del labrum del pubis se realiza a partir de tejido pericondral.

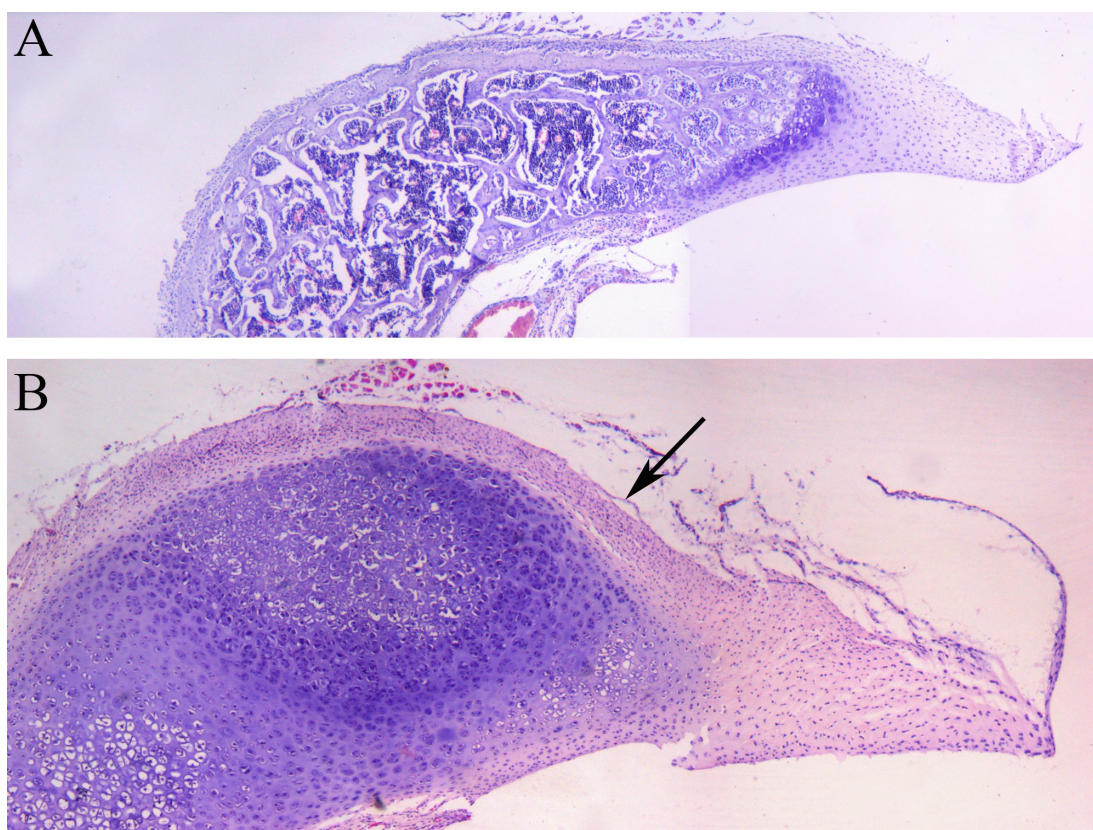


Fig. 148. Histofotomicrografía de un corte transversal del isquion. Detalle del labrum. A, grupo control (caso08-186). B, grupo ensayo. Se observa la hipertrofia del labrum. Se señala el aumento del espesor del pericondrio (flecha), así como un retraso en el centro de osificación secundario del isquion (caso08-187). (HE, x4)

Resultados

El labrum se observa evertido en el ilion en 18.1% de los casos. En un caso se ha observado la presencia de una deformidad del techo del labrum del ilion que muestra una imagen de labrum “amputado”(Fig. 149).

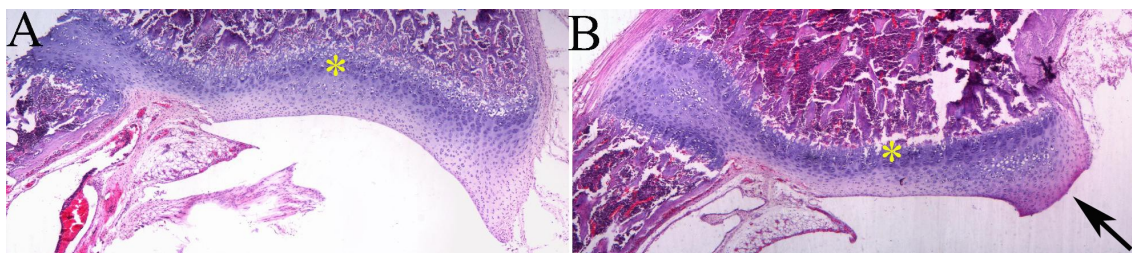


Fig. 149. Histofotomicrografía de un corte sagital del techo del acetábulo. Detalle del labrum del ilion. A, grupo control (caso08-180). B, grupo ensayo. Se observa un labrum “amputado” (flecha) (caso 08-181). (Tinción HE, 4x).

Superficie articular.

En el grupo ensayo, en el lado intra-óseo del componente condral epifisario del ilion se observa una inversión de la concavidad endocondral- que de forma normal aparece en los cortes controles (Fig. 149-A,*), que participa en dar forma en la imagen habitual del techo del acetábulo (Fig. 149). En el grupo ensayo, se ha observado que esta gibosidad se pierde (Fig. 149-B,*) y acompaña a la imagen de verticalidad del techo acetabular (Fig. 149-B).

En la cara intra-articular del acetábulo en la zona de transición entre el labrum y la superficie articular del isquion se ha observado una pequeña gibosidad, o *ridge* en la literatura anglosajona, en el 18,1% de los casos. Esta giba o *ridge* está constituida por tejido condral en el que se observan clones de condrocitos (Fig. 150).

Se observan lesiones en la superficie articular del acetábulo, de forma más notable en la superficie articular del isquion; esta lesión se manifiesta como hipocelular en el 27,2% de los casos, así como alteraciones en la cito-arquitectura tisular del cartílago articular.

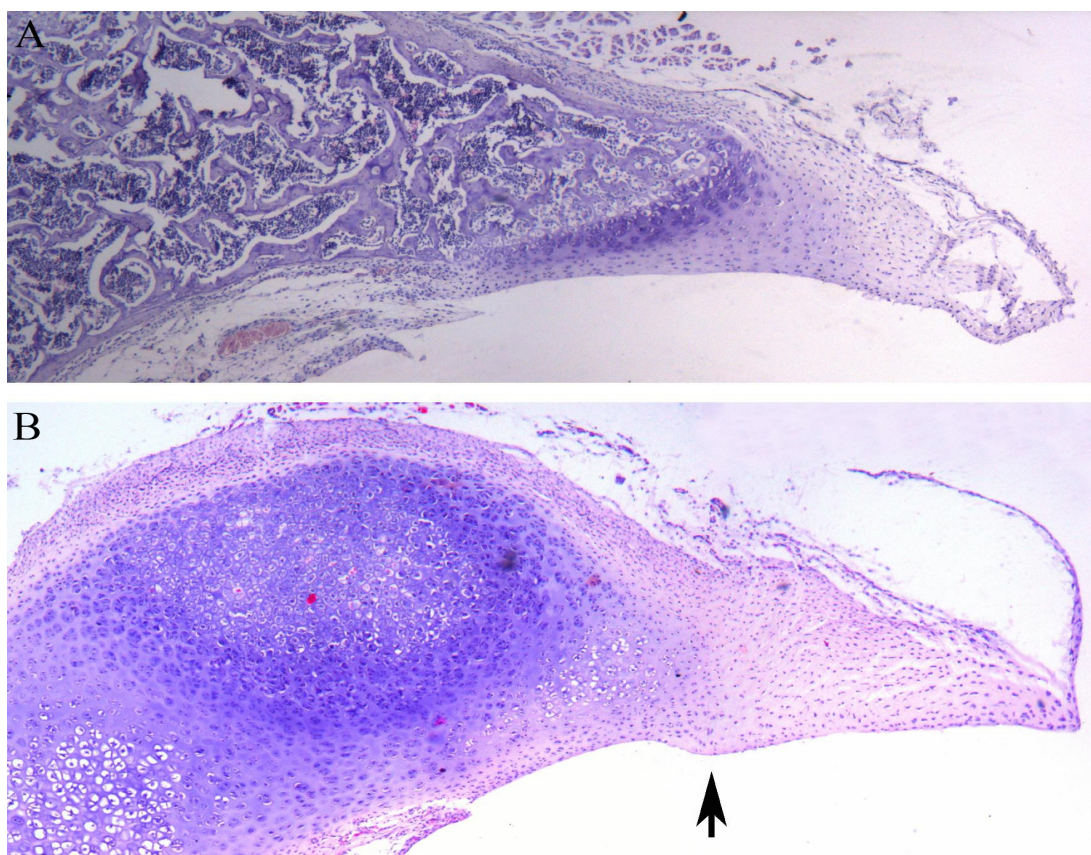


Fig. 150. Histofotomicrografía de un corte sagital del isquion. Detalle del labrum A, grupo control (caso 08-186). B, grupo ensayo. Se observa hipertrofia del labrum y del pericondrio. Se aprecia una gibosidad (flecha)(caso 08-187).(HE, 4x).

Trasfondo del acetábulo.

Se distinguen dos componentes: componente óseo y componente de partes blandas.

a) Componente óseo. En el grupo control esta zona del *cambium* del pericondrio tiene un aspecto celular regular en forma de empalizada; en los ensayos la zona del *cambium* es más anárquica con menor número de células osteoblásticas y más tejido fibroso (Fig. 151). En el grupo ensayo, en el periostio intracavitario del isquion se

Resultados

observa fibrosis en el 45,4 % de los casos. La disminución del alineamiento osteoblástico en la zona profunda del *cambium* del periostio del isquion se observa en el 63,6% de los casos.

En el grupo ensayo, se observa disminución de la altura de las corticales del isquion. Se acompaña de disminución del ancho del isquion en esta zona y encurvamiento del hueso hacia la cavidad articular. Las trabéculas óseas de la zona proximal del isquion se observan alteradas en su arquitectura y son más delgadas en su

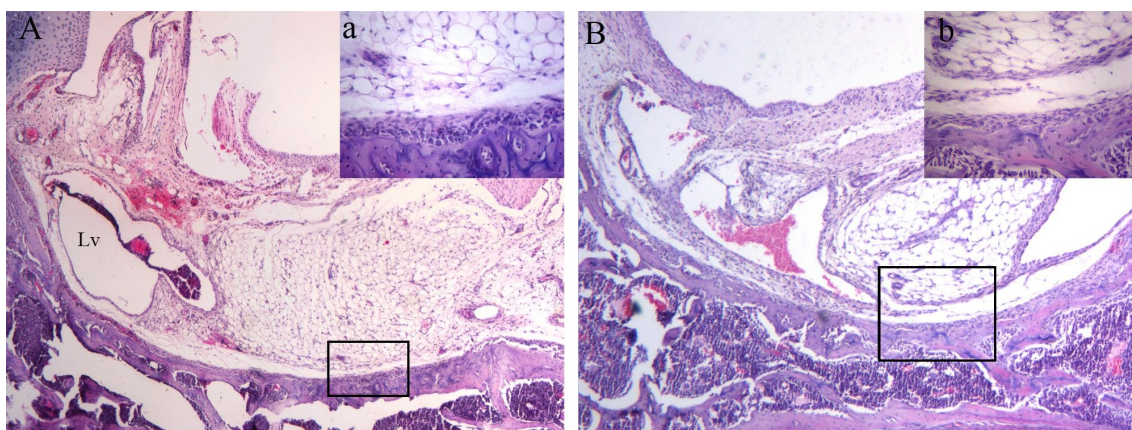


Fig. 151. Histofotomicrografía de un corte sagital del trasfondo acetabular. A, grupo control (caso08-180), se observa una amplia luz vascular (Lv). A, recuadro de A, detalle del alineamiento osteoblástico normal en la cortical del isquion. B, grupo ensayo (08-183). b, recuadro de B, detalle de la alteración del alineamiento osteoblástico. (HE, A y B 4x, a y b, 20x).

espesor. Se observa disminución del número de trabéculas y del tamaño de las mismas, así como se observa anisotropismo de la arquitectura trabecular (Fig. 152-B). En la cortical externa del isquion se observa pérdida de la arquitectura laminar (*lamelar*), propia de las corticales, y aparece irregularidad de la misma, con presencia de abundantes lagunas osteocitarias vacías.

b) Componente de partes blandas o Pulvinar. En el grupo control, el pulvinar, según descripción previa, está formado por un tejido fibrograso, vasos y nervios, y

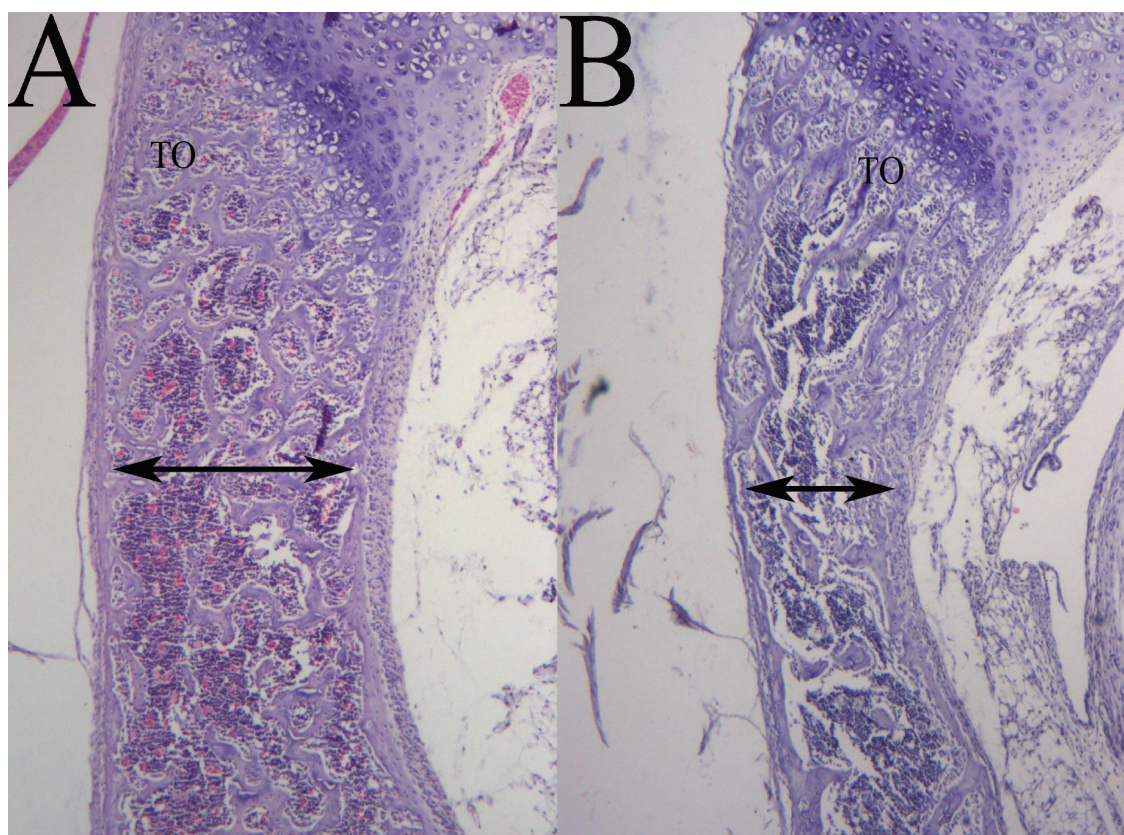


Fig. 152. Histofotomicrografía de un corte sagital del acetábulo. Detalle del isquion en el trasfondo. A, grupo control. La flecha señala la anchura normal del isquion. B, grupo ensayo. Se observa la disminución del ancho del hueso (flecha), flexión y la alteración de las trabéculas óseas (TO), y fibrosis en el pericondrio interno del isquion. (HE, 4x).

estructuras de tejido conjuntivo de inserción, cubierto por tejido sinovial. En el grupo control ha llamado la atención la presencia habitual de amplias luces vasculares, de carácter “aneurismático”, que no están en proporción al tamaño de los vasos que irrigan esta zona, como se ha evidenciado con anterioridad (Fig. 151-A).

En el grupo ensayo la presencia de amplias luces vasculares se ha observado en el 45,5% de los casos. En algunos casos se observa engrosamiento de las paredes vasculares (Fig. 151-B).

En el grupo de ensayo, en el pulvinar se observa disminución del tejido graso en el 54,5% de los casos, acompañados normalmente de necrosis de adipocitos. En la

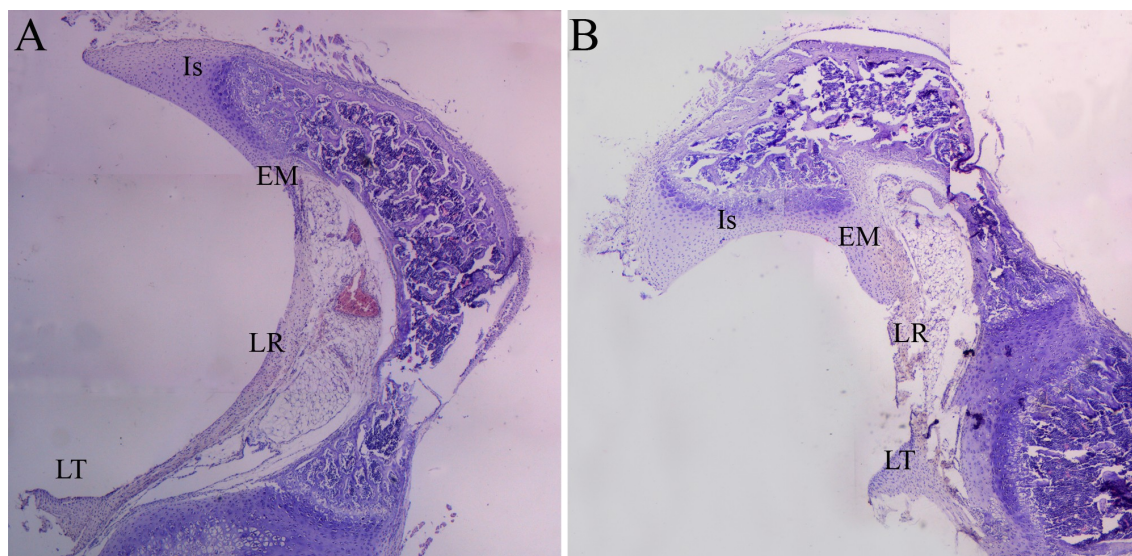


Fig. 153. Histofotomicrografía de un corte transversal del acetábulo en el grupo de ensayo de 4 días. Detalle del pulvinar. A, grupo control (caso 08-190). B, grupo ensayo. Se observa la relación entre estructura meniscoide (EM), ligamento redondo (LR) y ligamento transverso (LT) (caso 08-191). (HE, 4X).

sinovial se observa colagenosis sub-sinovial superficial en el 90,9% de los casos; y colagenosis sub-sinovial profunda en el 27,2% de los casos.

Canal isquio-pubiano.

En el grupo ensayo, se observa disminución de adipocitos y fibrosis incipiente en 18,1% de los casos.

Ligamento Redondo.

En el grupo ensayo, se observa hipertrofia y fibrosis en el 27,2% de los casos.

El ligamento redondo está en íntima relación con la estructura meniscoide y en algunos casos se observa como esta estructura está “evertida” e hipertrofiada. En algunos casos de este grupo se observa como el meniscoide es levantado discretamente por el ligamento redondo (Fig.153).

Ligamento transverso.

El ligamento transverso (LT) se altera en su forma y posición en los especímenes estudiados en el grupo del ensayo. Observamos que se desplaza hacia la luz articular y se hipertrofia. Se observa como existe una íntima relación entre el ligamento transverso y fibras del ligamento redondo, el cual a su vez está muy relacionado con la estructura meniscoide (Fig. 154).

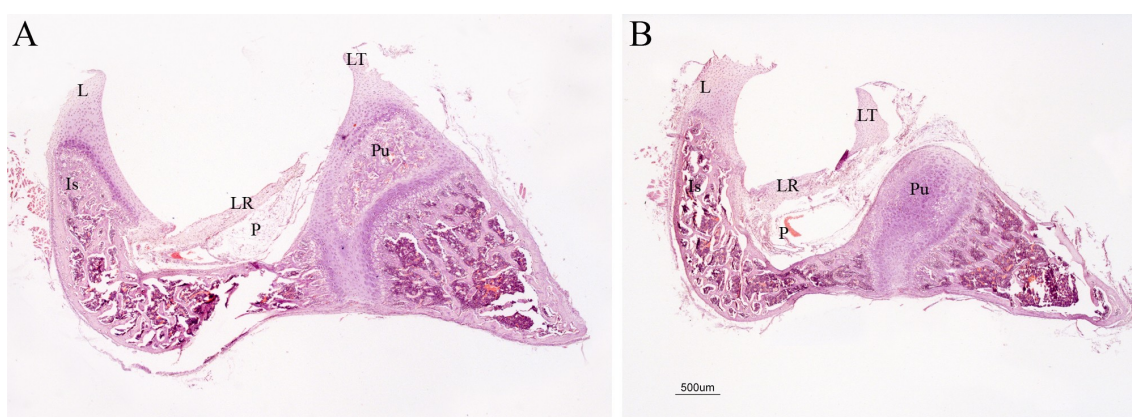


Fig. 154. Histofotomicrografía de un corte transversal del acetábulo de rata del grupo de 4 días postensayo. A, grupo control (caso 08-186). B, grupo ensayo. Se observa la hipertrofia del ligamento transverso (LT) y como se desplaza hacia el centro de la articulación en continuidad con el ligamento redondo (LR) (caso 08-187). L, labrum. Pu, pubis. P, pulvinar. Is, isquion. (HE, 2x)

Estructura meniscoide.

En el grupo ensayo, se observa hipertrofia en el 36,3% de los casos. El meniscoide se ha observado evertido en el 27,7% de los casos.

La estructura meniscoide empieza a experimentar tanto un proceso de hipertrofia como de eversión de la misma, que está directamente relacionado con el ligamento transverso que participa también en el “levantamiento” de esta estructura (Fig. 153, 155 y 156). Además de las modificaciones estructurales, se aprecian áreas de hipocelularidad en la estructura meniscoide.

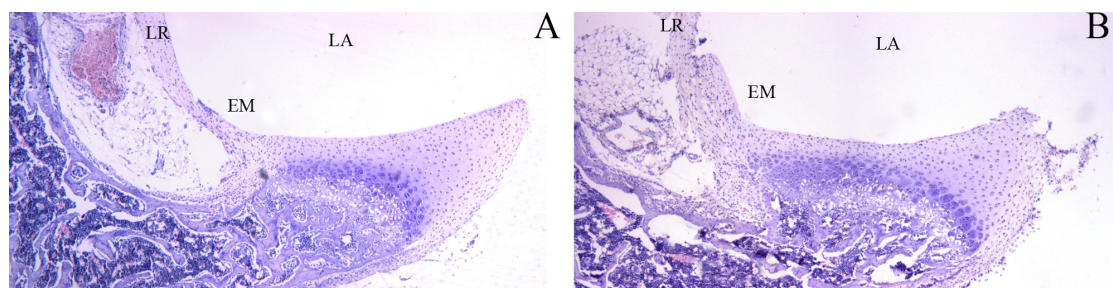


Fig. 155. Histofotomicrografía de un corte transversal del isquion. A, grupo control (caso 08-190). B, grupo ensayo. Se aprecia el levantamiento de la estructura meniscoide (EM) y su íntima relación con el ligamento redondo (LR). LA, luz articular.(caso 08-191) (HE, 4x).

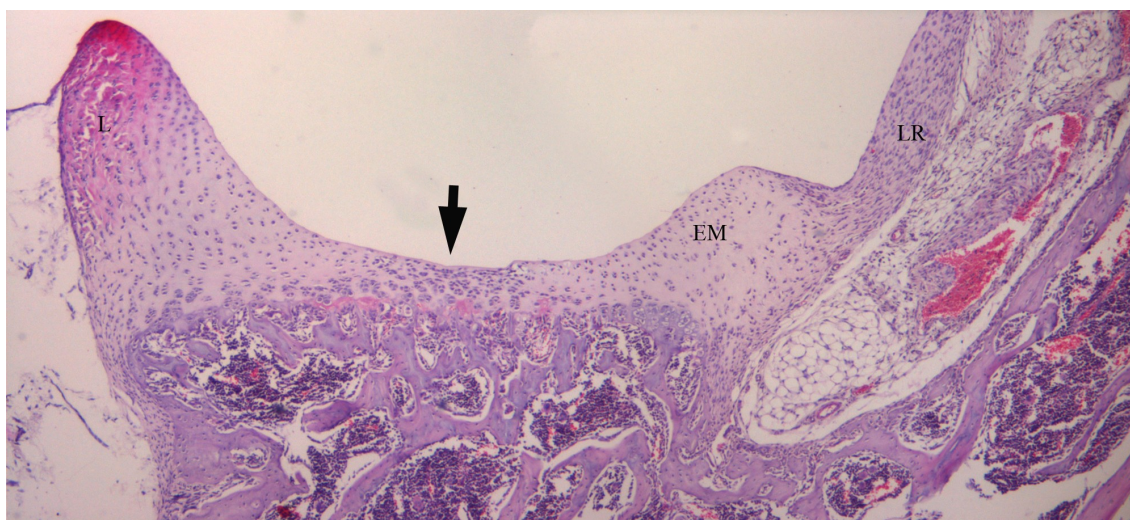


Fig. 156. Histofotomicrografía de un corte transversal del isquion. Grupo ensayo. Se observa hipertrofia de la estructura meniscoide, en su base, en íntima relación con el ligamento redondo (LR). Se observa hipertrofia del labrum y alteración de la citoarquitectura de la superficie articular (flecha) (caso 08-185) (HE, 4x).

Placa de crecimiento.

No se han observado cambios significativos en la cito-arquitectura ni en la altura de la placa de crecimiento.

Estudio comparado de parámetros cualitativos histológicos (Tabla XXVIII).

El análisis de estos parámetros cualitativos entre el grupo ensayo y grupo control señalan diferencias estadísticamente significativas, especialmente en la presencia de hipertrofia del labrum del isquion ($p=0,0001$), de la colagenosis subsinovial del pulvinar ($p=0,0001$) y en la disminución del alineamiento osteoblástico ($p=0,0060$).

Resultados

Análisis del sistema formado por ligamento redondo, ligamento transverso y estructura meniscoide.

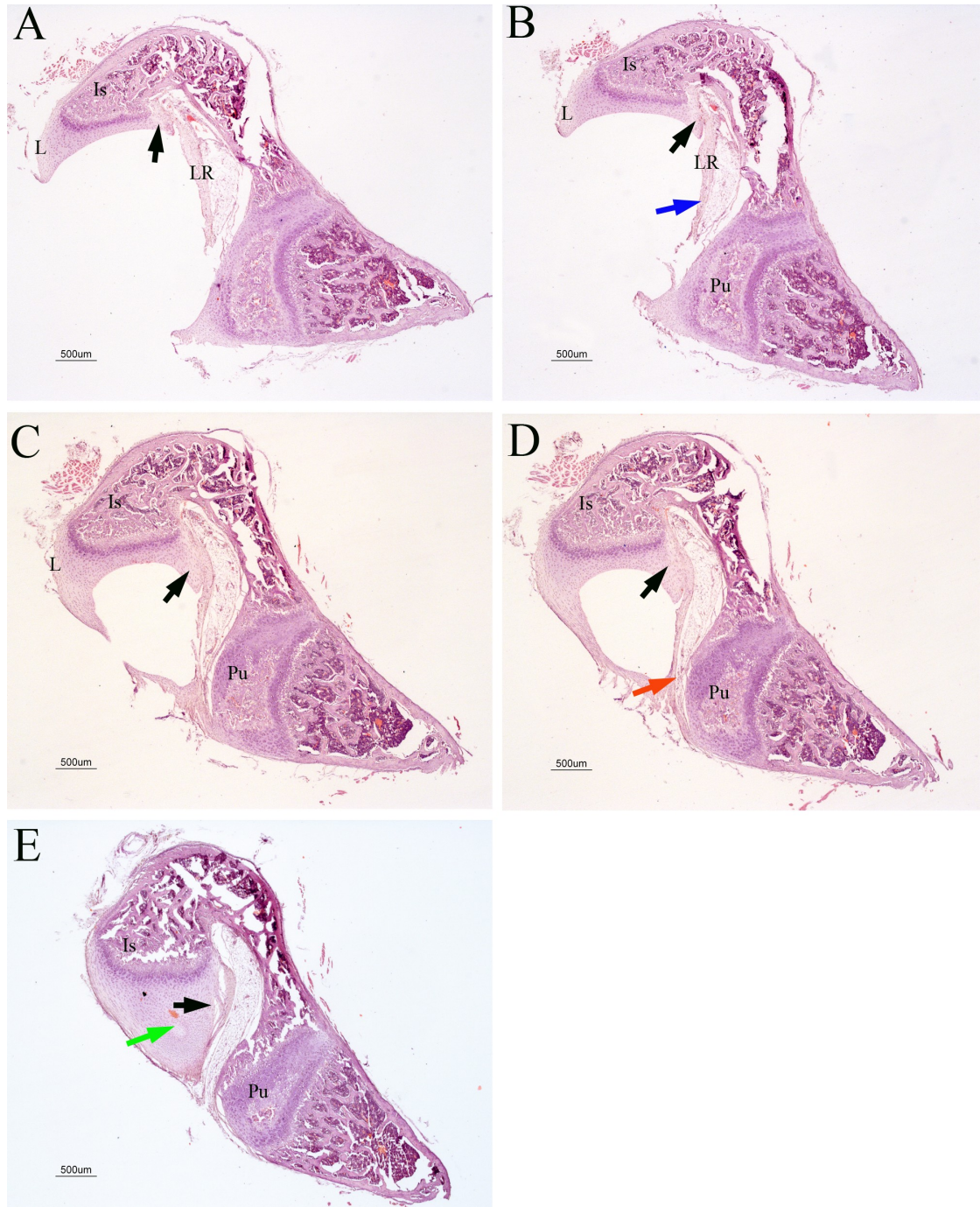
Análisis sobre cortes seriados coronales realizados en la pelvis de rata de 19 días en el suelo de la pelvis en los casos de cuatro días.

Grupo control (Fig. 157). En los primeros cortes analizados (Fig.157-A), descripción sobre caso 08-186, se observa el pubis y el isquion separados por la rama isquio-pubiana del cartílago trirradiado. En el pubis se observa el centro de osificación secundario (COS) y la superficie articular. El isquion presenta la configuración de una L, correspondiendo la rama mayor al trasfondo del acetábulo, y la rama menor, que corresponde en los cortes iniciales al labrum del isquion y que tiene forma de cuerno (Fig. 157-A). En la periferia de la zona externa del isquion, correspondiente a la intersección de las dos ramas, se observan restos de tejido cartilaginoso. A partir del corte 24 (Fig.157-B), la rama pequeña de la L, está formada por la estructura articular del isquion en forma de copa. Se observa la inserción del ligamento transverso en el pubis. En la región articular del isquion, localizada en la zona de la copa antes citada, se observa la estructura meniscoide de pequeño tamaño con fibras adyacentes del ligamento redondo subyacente al mismo. En los cortes sucesivos, a partir del corte 26 (Fig.157-C), se observan fibras del ligamento redondo que alcanzan la zona de inserción del ligamento transverso, aumenta el tamaño de la estructura meniscoide y persisten fibras del ligamento transverso adyacentes al mismo, fibras que se insertan en la pared isquiática del canal. A partir de este corte, y sobre todo a partir del corte 30 (Fig.157-D), se aprecia la inserción de fibras del ligamento redondo en la zona externa del pubis (Fig.157-D, flecha roja). En este nivel, se observan fibras del ligamento redondo que se insertan en el canal sobre la pared del isquion. A partir del corte 31-32 (Fig.157-C), observamos que la zona correspondiente al pubis pierde el relieve articular, estando cubierta por un tejido pericondral que cubre la pared anterior del canal. El isquion constituye la pared posterior en este corte y fibras del ligamento redondo alcanzan a insertarse al borde externo del pubis sobre el pericondrio en la entrada del canal. En la

Resultados

zona externa, se aprecia el ligamento transverso en el que se observan sus inserciones en la zona pericondral del isquion. El isquion conserva la configuración en copa que antes señalábamos.

En los cortes más caudales (Fig.157-E) se observa una imagen secuencial semejante a la anterior en que se hace más notable la inserción del ligamento redondo en la estructura meniscoide. También se observa como la inserción de ligamento redondo no se realiza a todo lo largo del meniscoide, sino en la zona más proximal a la luz. En la superficie articular del isquion, que hasta ahora conservaba la arquitectura articular, ésta se empieza a distorsionar en los bordes externos. En el corte 36 (Fig. 157-D), zona más caudal de la pieza, se observa la entrada del canal isquio-pubiano; en la zona anterior se encuentra el pubis cubierto por pericondrio y en la zona posterior se observa un tejido cartilaginoso, en que podemos diferenciar dos patrones celulares: uno, en la zona interna (profunda), correspondiente a una arquitectura anisotrópica de condrocitos estratificados con lagunas amplias en zonas correspondientes a estribaciones del cartílago articular, y otra zona externa (superficial), formada por condrocitos con arquitectura isotrópica con células más pequeñas que las anteriores, que corresponde a la estructura meniscoide (Fig. 157-E). Esta está cubierta en la zona externa por el ligamento transverso que se inserta en ella sin solución de continuidad de las fibras de inserción, y en la zona interna del canal cubierto por la inserción del ligamento redondo, que llega a las zonas más externas del isquion (Fig. 157-E).



Resultados

Fig. 157. Histofotomicrografías de un corte transversal seriado de la cadera de rata del lado control del grupo de 4 días (08-186). A, se observa la estructura meniscoide (flecha negra) en relación con el ligamento redondo (LR) que se empieza conectar con el ligamento transverso. B, aumenta el tamaño de la estructura meniscoide (flecha negra) y el ligamento redondo (LR) casi contacta en el ligamento transverso (flecha azul). C, se observan fibras del ligamento redondo entrando al canal para insertarse en la cara medial del isquion. El isquion tiene forma de copa. D, se pierde el relieve articular del pubis (flecha roja) cubierto de tejido pericondral que tapiza el canal. E, el pubis (Pu) está cubierto de pericondrio, se señala un tejido periférico en isquion (flecha negra) que corresponde a la estructura meniscoide y uno central (flecha verde) de cartílago articular. Is, isquion. Pu, pubis. L, labrum. (HE, 2x)

Resultados

Caso ensayo (Fig. 158). En los primeros cortes analizados, descripción sobre caso 08-187, se observa el pubis y el isquion separados por la rama isquio-pubiana del cartílago trirradiado. A diferencia del control, en los primeros cortes, se observa que el isquion está constituido por predominio del tejido cartilaginoso sobre el óseo. A partir del corte 15 (Fig. 158-A), aumenta la proporción de tejido óseo, de modo que a partir del corte 24 la relación se invierte como en el control. La rama corta de la L que constituye el isquion corresponde al labrum hipertrofiado. A partir del corte 30, se observa la inserción del ligamento transversal hipertrofiado en el pubis. A partir del corte 39 (Fig. 158-B), se pierde la superficie articular del pubis que es sustituida por un tejido pericondral. En la zona externa del pubis se observan las inserciones del ligamento transversal hipertrofiado. Este se observa más desplazado hacia la luz articular que en los casos control. Se inicia la observación de las inserciones del ligamento redondo hipertrofiado en la zona externa del pubis.

En el corte seriado, no hemos encontrado la imagen de copa articular que se observa en los casos control. La imagen del isquion recuerda a la imagen “en cuerno” del labrum isquiático antes descrito.

A partir del corte 50, se observa un ligamento redondo hipertrofico que se inserta en el ligamento transversal, que se encuentra desplazado hacia el espacio articular como antes señalábamos. A partir del corte 52 (Fig. 158-C), se observa una banda de tejido condral adyacente al borde externo del ligamento redondo y al ligamento transversal, que en los cortes sucesivos (corte 54) va configurándose de forma circular (Fig. 158-D). En este corte se aprecia, como el ligamento transversal se inserta en esta banda de tejido condral (Fig. 158-E). Más adelante, la banda se amplía y aprecia a tener una configuración de disco. En los últimos cortes a partir del corte 57, el isquion pierde la forma de cuerno para aproximarse más a la forma de copa de los casos control, pero sin llegar nunca a la forma descrita (Fig. 158-F).

Así como en los cortes controles se podía describir una homogeneidad de la citoarquitectura con la estructura meniscoide, el ligamento transversal y el ligamento

Resultados

redondo, aquí encontramos una desestructuración del sistema con un cartílago periférico correspondiente al meniscoide y en la zona más externa restos de ligamento transverso hipertrofiado con algunas fibras del ligamento redondo en la pared interna del canal.

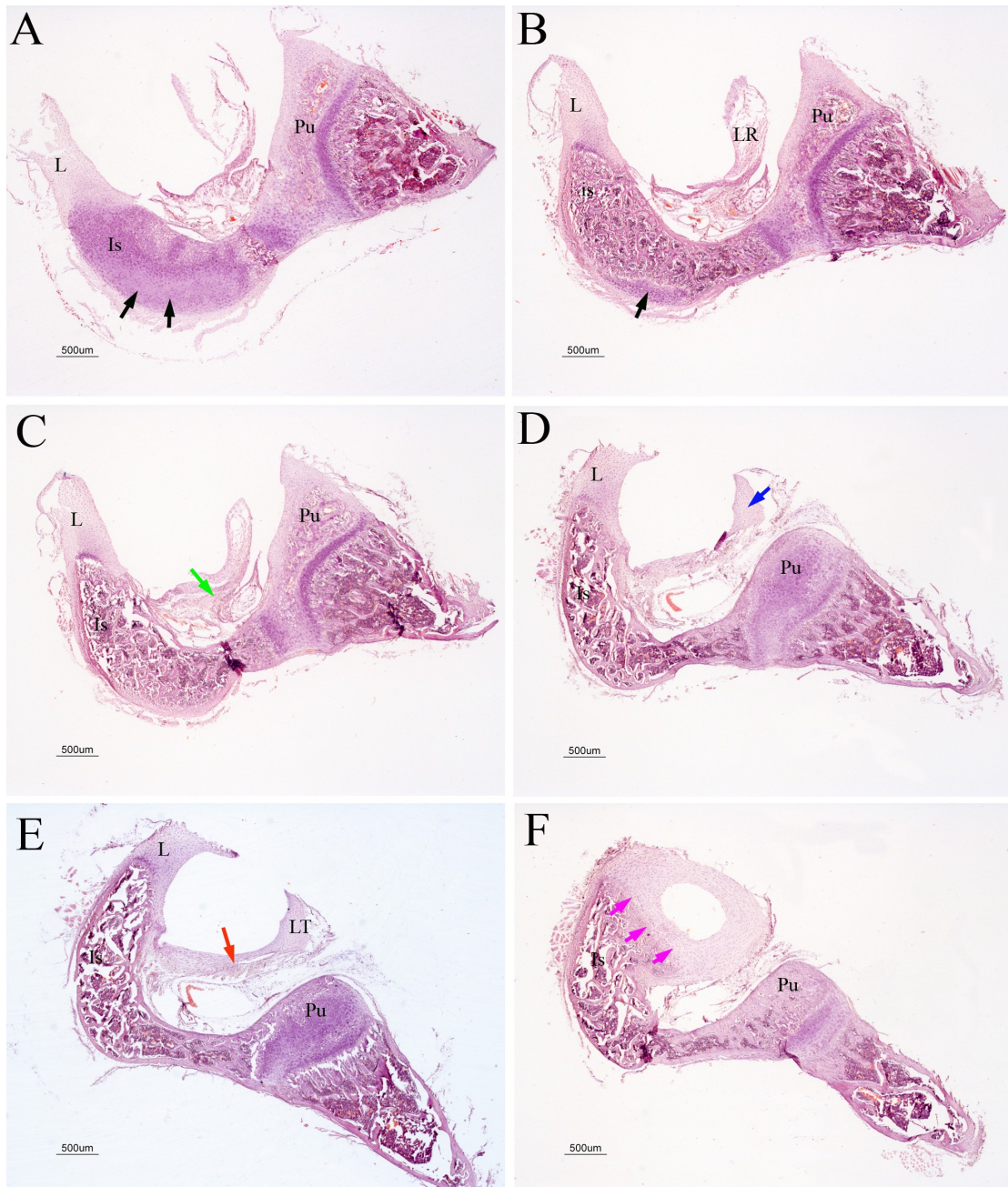


Fig. 158. Histofotomicrografías de un corte transversal seriado de cadera de rata de un caso ensayo del grupo de 4 días postensayo (08-187). (HE, 2x) Ver texto en página siguiente.

Resultados

Fig. 158. Histofotomicrografías de un corte transversal seriado de la cadera de rata del grupo de cuatro días postensayo (08-187). A, predomina el tejido cartilaginoso del isquion sobre el óseo (flechas negras). B, se recupera la relación hueso-cartílago en el isquion (flecha negra), que presenta hipertrofia del labrum (L). C, el ligamento transverso está hipertrofiado en el pubis (Pu), se observa hipertrofia del ligamento redondo (flecha verde). D, se pierde la superficie articular del pubis (Pu) por tejido pericondral y el ligamento transverso se desplaza a la luz articular (flecha azul). El ligamento redondo está hipertrofiado y unido al ligamento transverso desplazado. E, se observa una banda de tejido condral (flecha roja) adyacente al borde externo del ligamento redondo y transverso (LT). F, el isquion pierde su forma de cuerno pero sin la regularidad de los casos control (flechas magenta). Pu, pubis. Is, isquion. L, labrum. LT, ligamento transverso. (HE. 2x)

5.2.8. Resumen de los resultados histológicos en el grupo de ratas de cuatro días.

A. Cambios generales de la articulación.

Los cambios generales son hipertrofia del labrum del ilion, isquion y pubis, presencia de gibosidad en la cara articular del labrum del isquion y alteración de la citoarquitectura del isquion, disminución del alineamiento osteoblástico del *cambium* del periostio del isquion, engrosamiento de paredes vasculares, disminución del tejido graso del pulvinar con necrosis de adipocitos y presencia de colagenosis sub-sinovial.

B. Cambios en el sistema ligamento transverso, ligamento redondo y estructura meniscoide.

Los cambios en el sistema ligamento transverso, ligamento redondo y estructura meniscoide son hipertrofia de estas estructuras, que se acompañan con imágenes de desplazamiento del ligamento transverso y de la estructura meniscoide hacia el centro de la articulación. El ligamento redondo está en íntima relación con la estructura meniscoide y con el ligamento transverso desplazados

C. Cambios óseos estructurales.

Los cambios óseos estructurales son disminución del grosor de la cortical del isquion en el trasfondo articular con flexura hacia la luz articular, adelgazamiento y disminución en número de las trabéculas óseas en la zona proximal del isquion y pérdida de la arquitectura laminar de la cortical isquiática con presencia de lagunas osteocitarias vacías.

5.2.9. Resultados histológicos en el grupo de ratas de una semana.

Resultados Observacionales.

Labrum.

En el grupo ensayo, se observa en el labrum del ilion hipertrofia del mismo (57,14%). En el corte histológico se observa en el caso de hipertrofia un predominio de tejido fibrocartilaginoso sobre el tejido fibroconjuntivo. En la sección el borde externo del labrum adquiere forma roma. Se ha observado evertido e invertido, aunque con mayor frecuencia del primer tipo (Fig. 159).

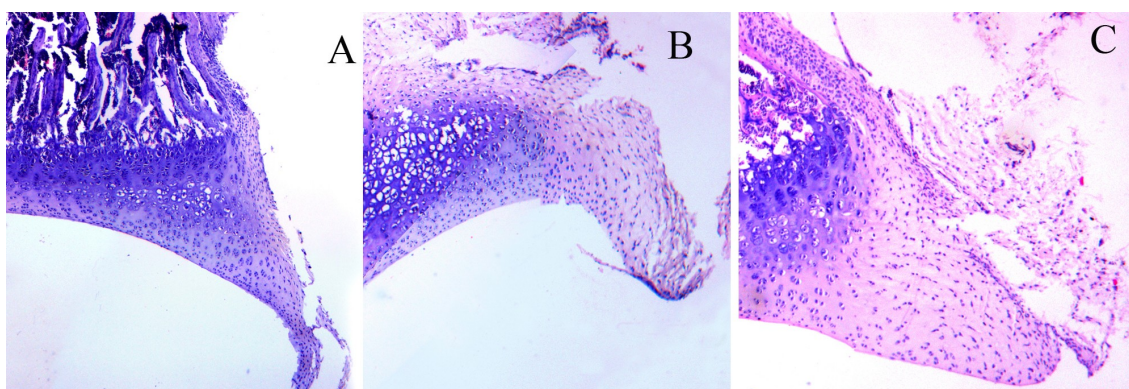


Fig. 159. Histofotomicrografía de un corte sagital del labrum del ilion. A, grupo control (caso 08-025). B, grupo ensayo. Ilion invertido (caso 08-028). C, grupo ensayo. Ilion evertido (08-026). (HE, 4x).

Labrum del isquion. En el grupo de ensayo, se observa hipertrófico que en 50% de los casos. Tiene las mismas características histológicas a las descritas en el ilion. Normalmente aparece evertido (Fig. 160).

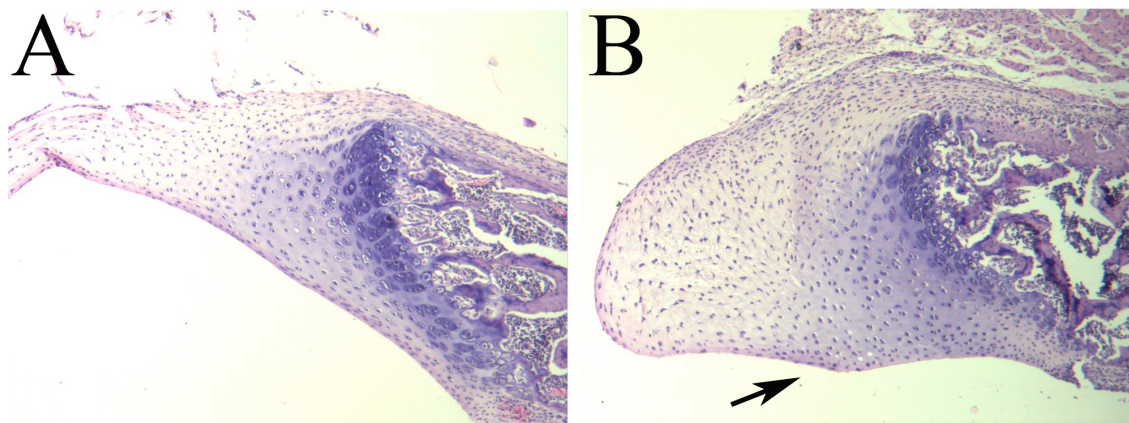


Fig. 160. Histofotomicrografía de un corte transversal del labrum del isquion. A, grupo control. Se observa un labrum con forma de triángulo isósceles (caso 08-006). B, grupo ensayo. El labrum se acorta y se ensancha con pérdida de fibrocartilago y aumento de la zona de cartilago que representa el primer esbozo de la giba (flecha) (caso 08-008). (HE, 4x).

Labrum del Pubis. En el grupo ensayo, no se observa la hipertrofia descrita con anterioridad. En su lugar se ha observado en algunos casos un rodete de tejido fibroconjuntivo no muy denso (Fig. 161).

Superficie articular.

En el grupo ensayo, se observa pérdida de la celularidad de la zona articular, especialmente en el isquion, llegándose a perder en algunos casos la arquitectura tisular de la superficie articular del isquion (57,14%) y dejando zonas acelulares (Fig. 162).

En el cartilago articular del isquion en su luz articular, entre labrum y cartilago articular se ha observado en algunos casos un abultamiento a modo de loma (*ridge*, en terminología anglosajona) (Fig. 160).

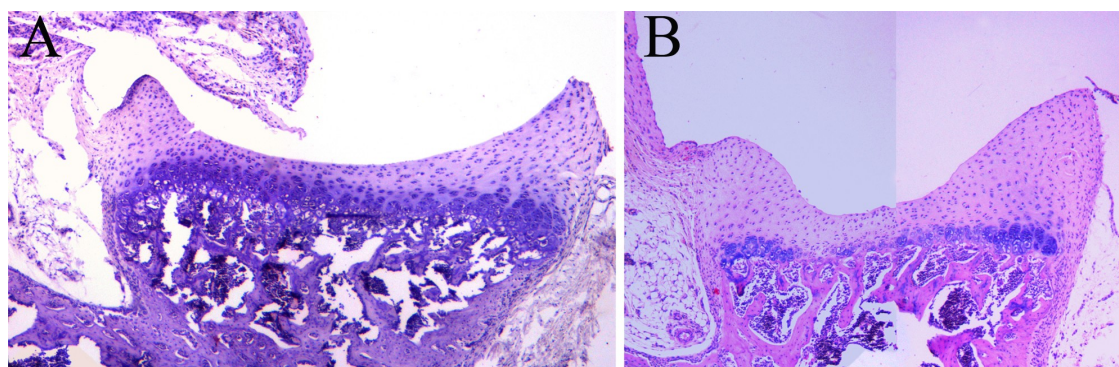


Fig. 162. Histofotomicrografía de un corte transversal del isquion. A, grupo control (caso 08-024). B, grupo ensayo. Se observa hipertrofia del labrum y alteraciones en la superficie articular del isquion (caso 08-042). (HE, 4x).

Fondo del acetábulo.

En el grupo de ensayo, se observa pérdida del alineamiento osteoblástico de la cortical interna del isquion (42,85%), que esta sustituido por una capa de tejido fibroconjuntivo con predominio de fibroblastos (Fig. 164).

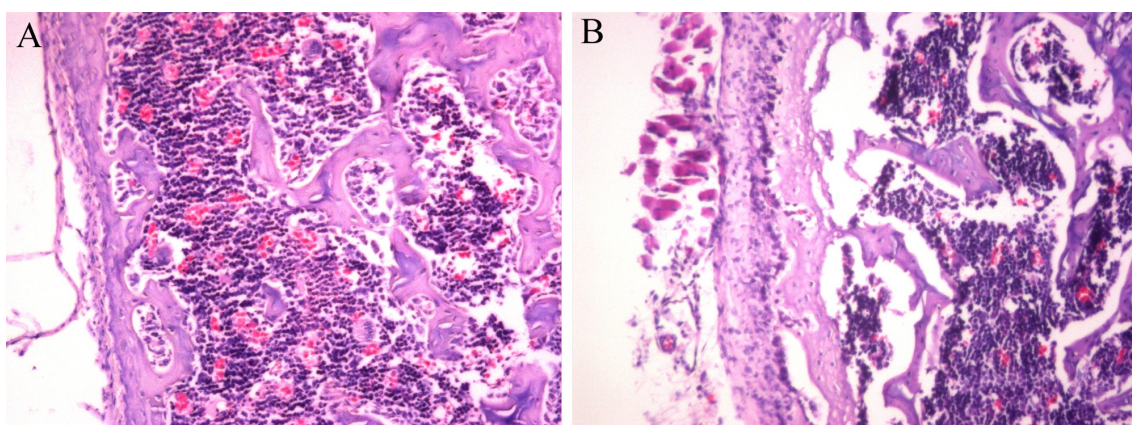


Fig. 163. Histofotomicrografía de un corte transversal del fondo del acetábulo de rata de una semana postensayo. Detalle de la cortical externa del isquion. A, caso normal (08-048). B, caso del ensayo (08-050), se observa pérdida de las lamelas óseas en la cortical externa y lagunas osteocitarias vacías. (HE, 20x).

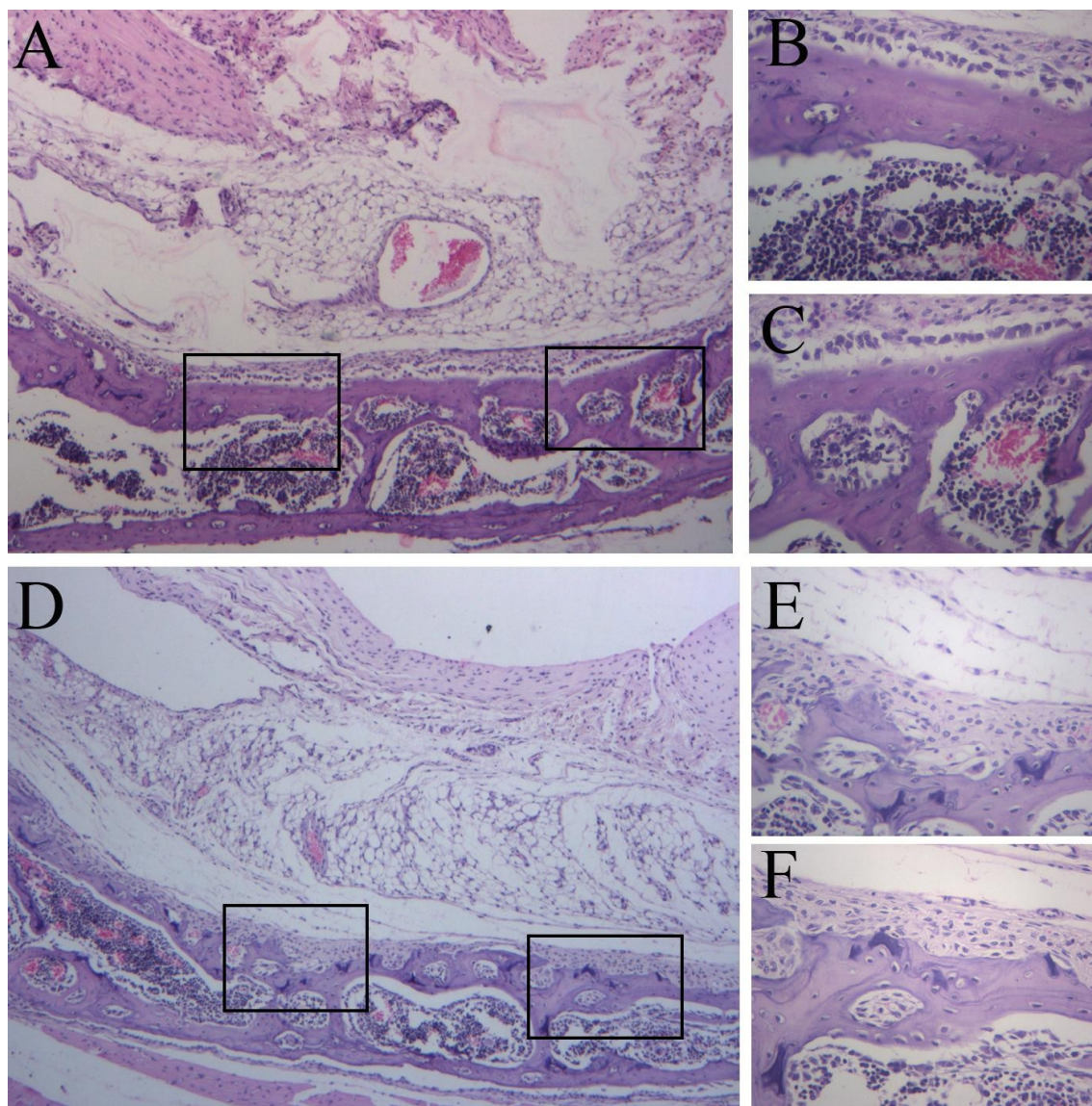


Fig. 164. Histofotomicrografía de un corte transversal del fondo del acetábulo. A, grupo control (caso 08-048). B y C, recuadros de A, detalles del alineamiento osteoblástico normal. D, grupo ensayo (caso 08-050). E y F, recuadros de D, detalles de la pérdida del alineamiento osteoblástico y la presencia de fibroblastos. (HE, A y D: 4x. B, C, E y F: 20x).

Cortical externa del isquion: La cortical del fondo acetabular correspondiente al isquion en el grupo ensayo está más adelgazada ($p=0,0043$) que en el grupo control

Resultados

(Tabla XXVIII). La cortical externa del ilion pierde la estructura de hueso lamelar y aparece como hueso inmaduro (28,57%) (Fig. 163). Se observa hipertrofia del pericondrio del isquion (Fig. 160).

Se observa un adelgazamiento del trasfondo acetabular ($p=0,0036$) (Tabla XXVIII) (Fig. 165).

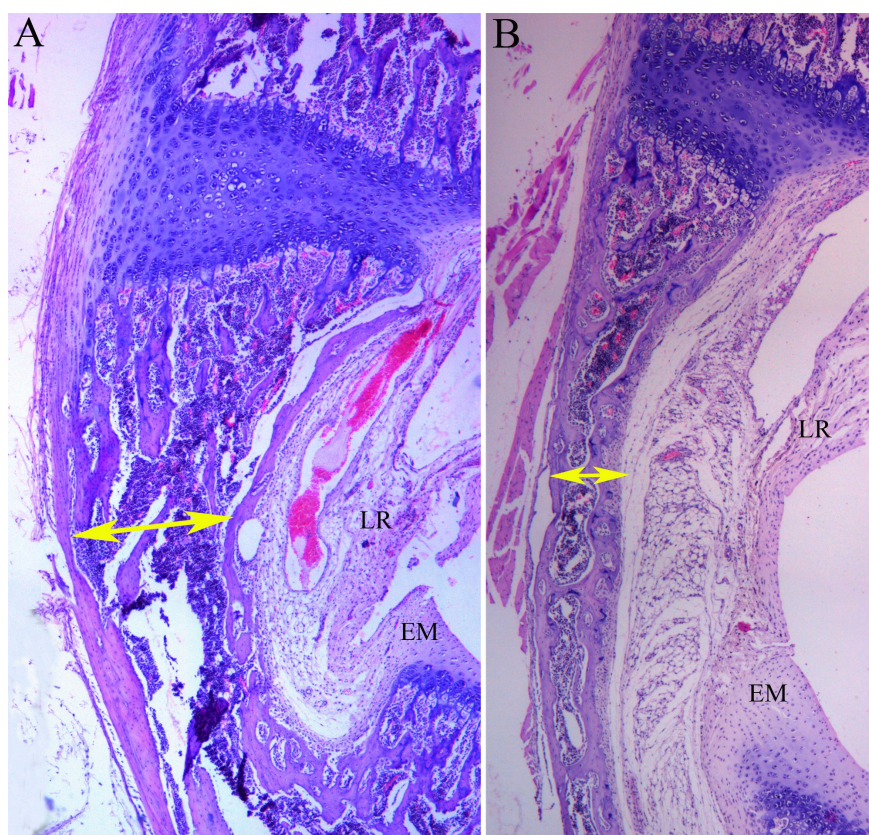


Fig. 165. Histofotomicrografía de un corte sagital del fondo de acetábulo. A, grupo control. B, grupo ensayo. Se observa adelgazamiento de la cortical, flexión de la cortical, alteración de trabéculas, aumento del pulvinar e hipertrofia de la estructura meniscoide. (HE, 4x).

Pulvinar.

En el grupo ensayo, se observa pérdida de tejido graso en el pulvinar (42,85%) y aparece fibrosis (35,71%). Se observa necrosis de adipocitos (Fig. 166-A).

Se observa un aumento de tamaño de las luces vasculares, similares al control, aunque en ocasiones discretamente mayores. En algunos casos se ha observado un engrosamiento de la pared vascular (Fig. 166-C y 166-D).

En sinovial se ha observado zonas con parches acelulares y otras zonas con hipertrofia sinovial y collagenosis subsinovial (14,28%).

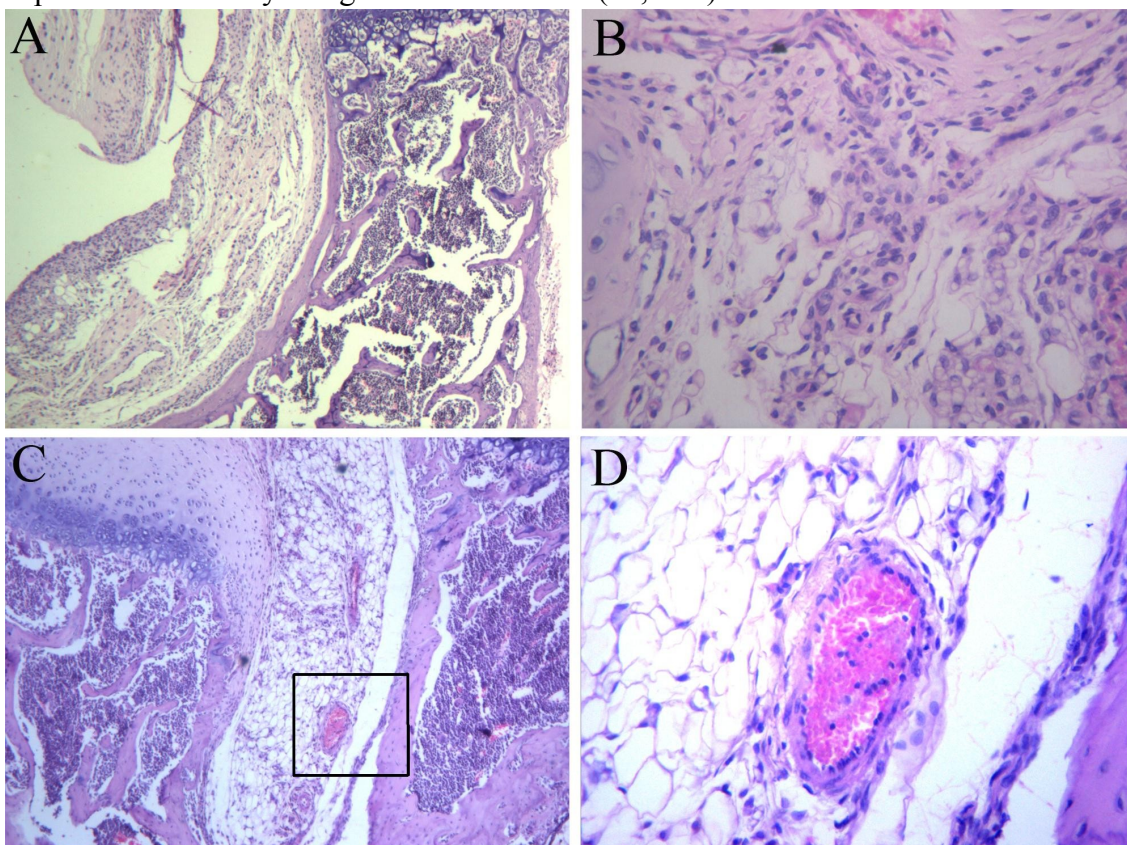


Fig. 166. Histofotomicrografía de cortes sagitales del acetábulo. Detalle del pulvinar. Grupo ensayo (caso 08-046) A, fibrosis de tejido con disminución del tejido graso. B, anisomorfismo de adipocitos con adipocitos anucleares. C, presencia de vasos con pared engrosada. D, recuadro de C, detalle de pared vascular engrosada. (HE, A, B y C, 4x. D, 20x)

Ligamento Redondo.

En algunos casos se aprecia como se pliega sobre la zona de inserción del isquion y aparecen signos de hipertrofia (64,28%). El ligamento redondo rompe la alineación del sistema discoide con la superficie articular del isquion (28,57 %), de modo que aquél se eleva y puede hipertrofiarse (28,57 %), presentando incluso fibrilación de la matriz extracelular (Fig. 167).

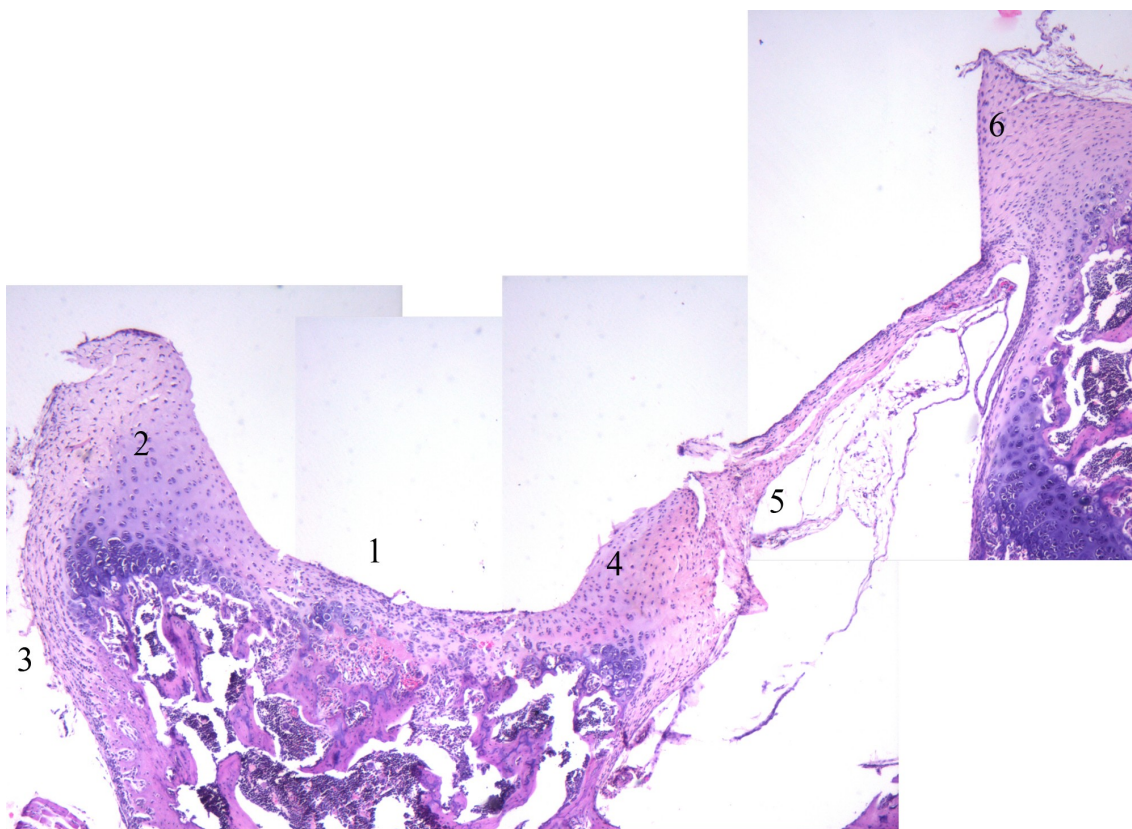


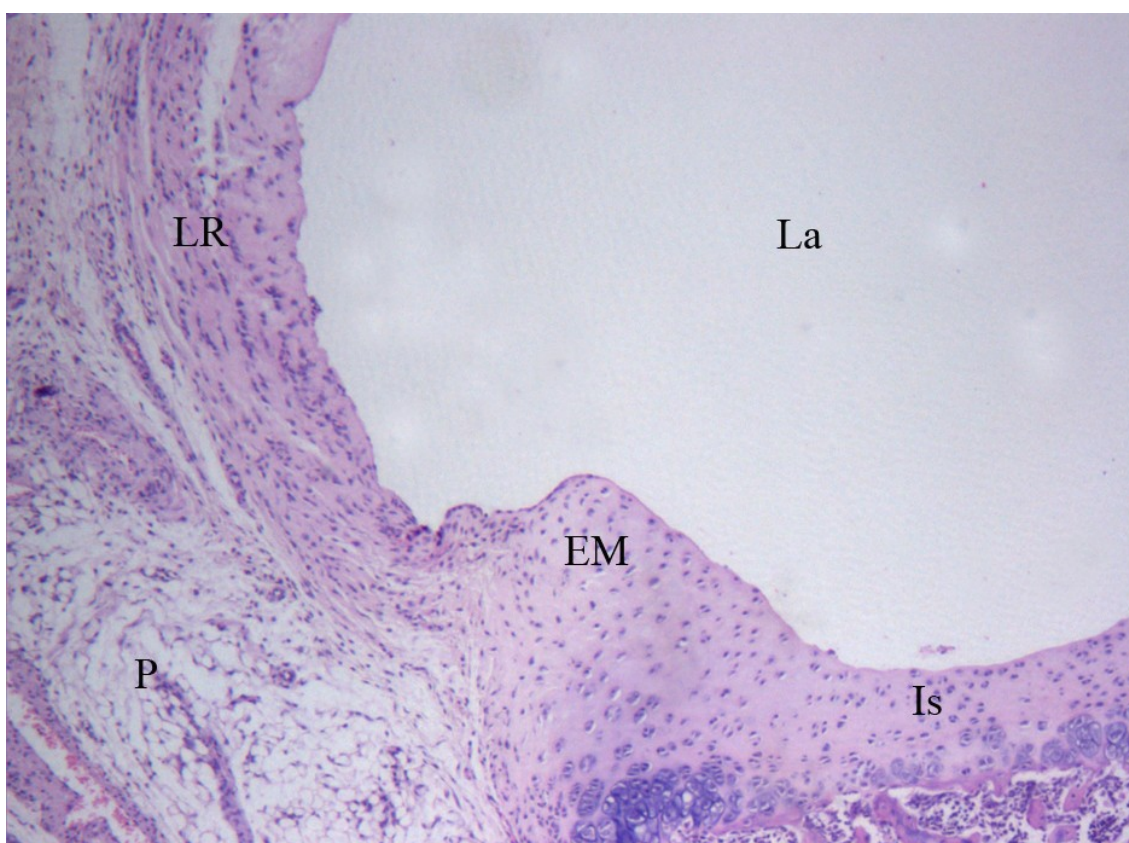
Fig. 167. Histofotomicrografía de un corte transversal del isquion. Grupo ensayo (caso 08-042). Se observa alteración de la superficie articular (1), hipertrofia e inversión del labrum (2), hipertrofia del pericondrio (3), hipertrofia y elevación de la estructura meniscoide (4), hipertrofia del ligamento redondo (5) e hipertrofia del ligamento transversal (6) (HE, 4x).

Resultados

El ligamento redondo se encuentra siempre independiente de la estructura meniscoide; éstas son dos estructuras independientes pero en íntima relación (Fig. 168 y 170). El ligamento redondo puede presentar metaplasia condral así como focos acelulares (Fig. 168).

Estructura meniscoide.

La estructura meniscoide se encuentra hipertrofiada en la mayoría de los casos del grupo de ensayo. Se observa un desplazamiento de la misma hacia la luz intra-articular, adquiriendo una posición vertical con respecto a la superficie articular del isquion. El ligamento redondo está en íntima relación con esta estructura aunque



siempre podemos observar como son estructuras separadas (Fig. 167, 168, 169 y 170).

Resultados

En la estructura meniscoide se observa predominio de células condrales sobre células fibroblásticas. En continuidad con la estructura meniscoide se observa la superficie articular del isquion con pérdida de su cito-arquitectura con alteraciones en la zona superficial del cartílago (Fig. 168).

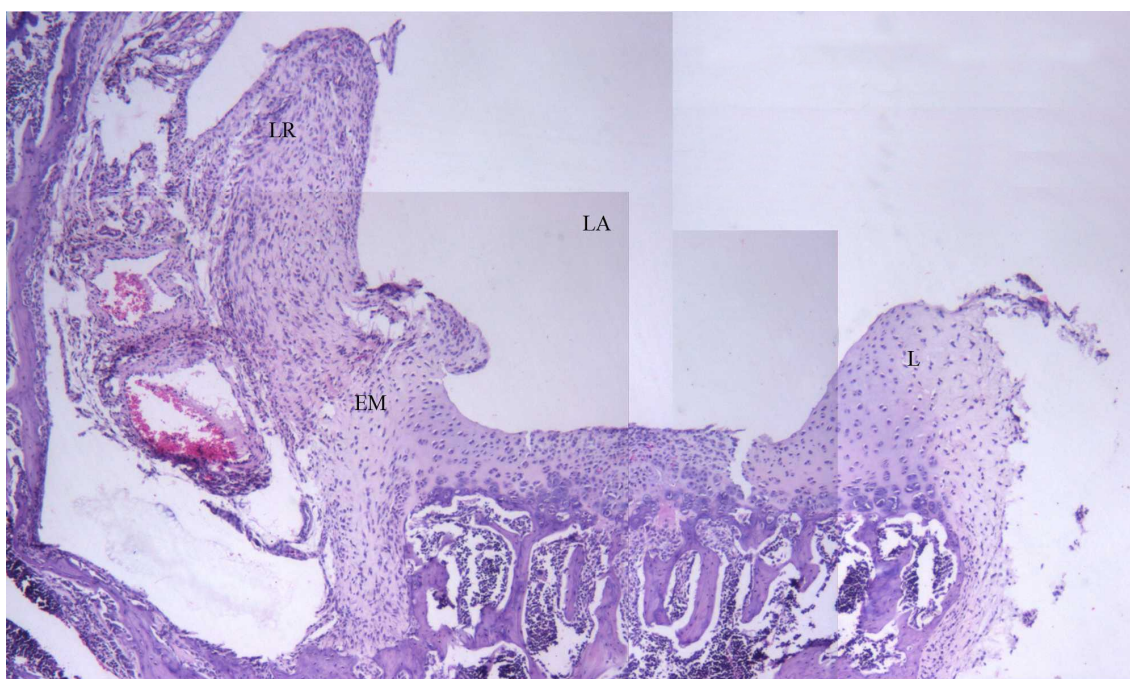


Fig. 170. Histofotomicrografía de un corte transversal del isquion. Grupo ensayo (caso 08-042). Se observa la inversión del labrum (L) y de la estructura meniscoide (EM) hacia la luz articular (LA). Se pierde la cito-arquitectura del cartílago articular del isquion. La solución de continuidad de la superficie del isquion es artefacto. El ligamento redondo (LR) está hipertrofiado y en íntima relación en la estructura meniscoide. (HE, 4x).

En los distintos cortes seriados, se observa que la alteración de la estructura meniscoide guarda una correlación con alteraciones estructurales tanto en el ligamento

Resultados

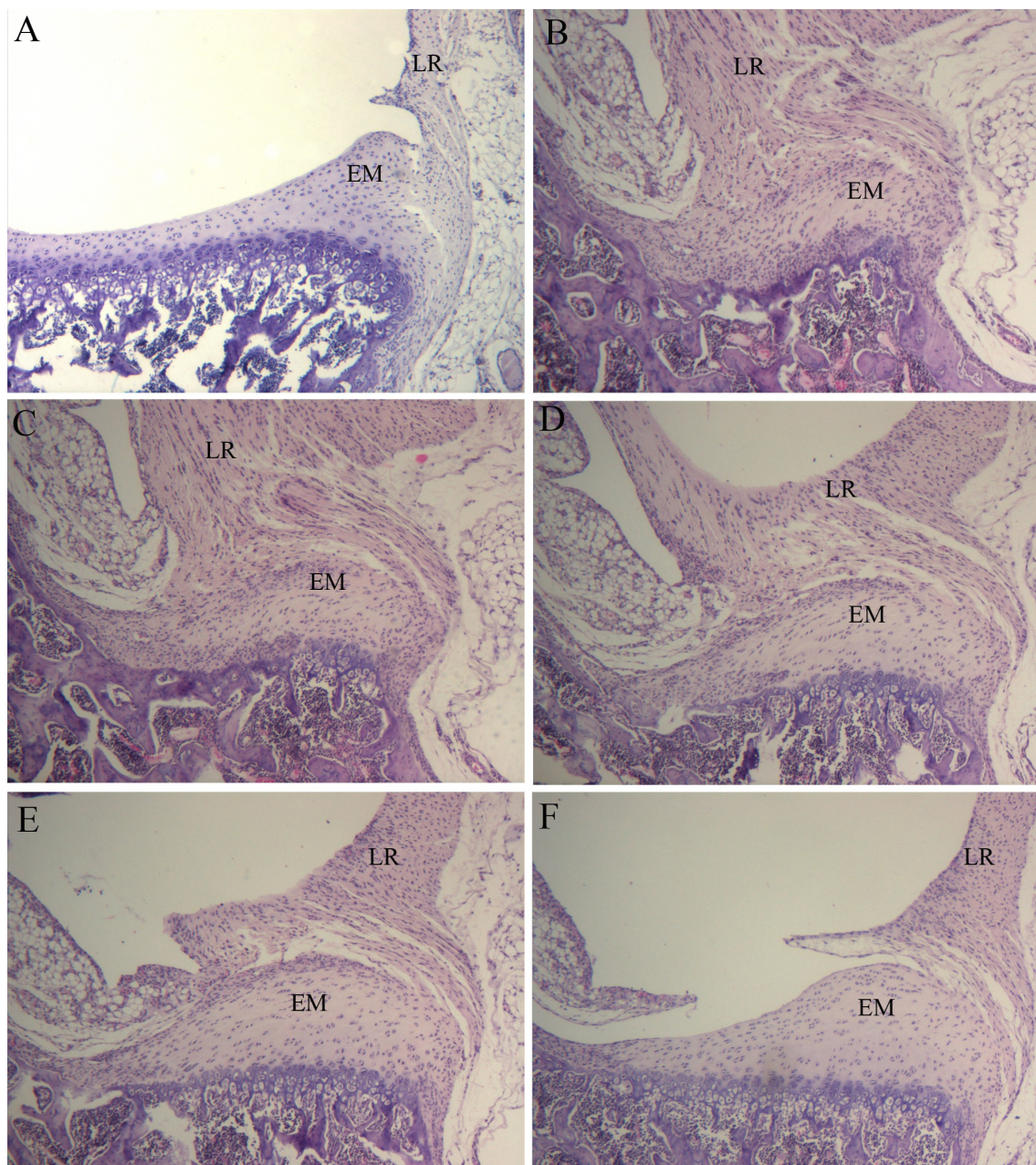


Fig. 169. Histofotomicrografías de cortes seriados transversales del isquion. A, grupo control (caso 08-010). B, C, D, E y F, grupo ensayo (caso 08-012). Se observa como el ligamento redondo (LR) está íntimamente relacionado con la estructura meniscoide (EM). En los primeros cortes parece una estructura continua pero a partir del corte D se aprecia como están separados. Se observa hipertrofia del ligamento redondo, así como plegaduras en los cortes C, D, E y F. La estructura meniscoide se observa hipertrofiada y desplazada hacia la luz articular. La estructura ósea y la placa de crecimiento han perdido su simetría y se muestra irregular. Así mismo la superficie articular del isquion ha perdido su arquitectura celular sobre todo por alteración de la capa superficial. (HE. 4x).

Resultados

redondo y la superficie articular del isquion, como hemos señalado, como en la propia estructura ósea del isquion, de modo que se observa importantes alteraciones en la estructura ósea del isquion subyacente a la superficie articular (Fig. 169).

Cuando se tiñe con rojo Sirio, se observa como la estructura meniscoide presenta tejido colágeno indicando su naturaleza fibrocartilaginosa en continuidad con la superficie articular del isquion. También se observa como el ligamento redondo está compuesto de colágeno y adyacente a la estructura meniscoide (Fig. 171).

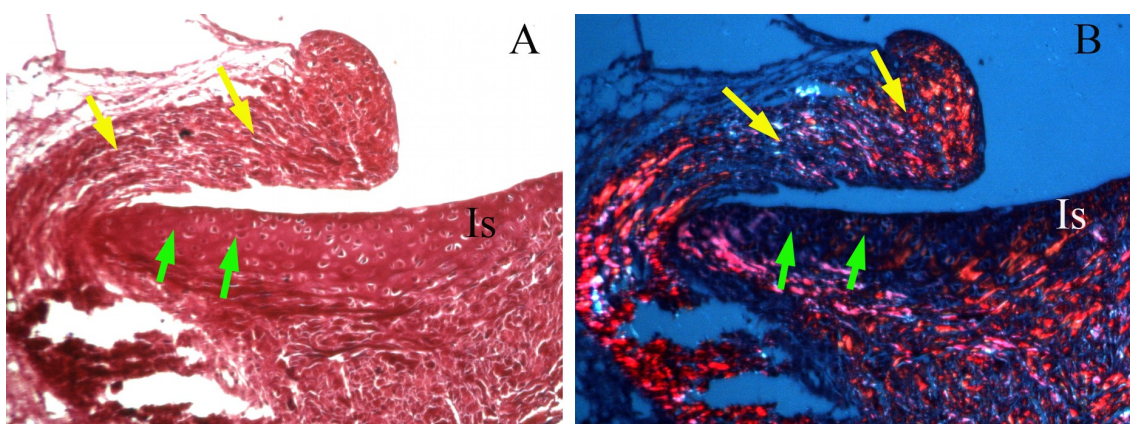


Fig. 171. Histofotomicrografía de un corte sagital del suelo del acetábulo. Grupo control (caso 08-417). A, tinción con picrosirio visto con luz normal, detalle de la relación entre la estructura meniscoide (flechas verdes) y el ligamento redondo (flechas amarilla). B, misma imagen con luz polarizada. (rojo Sirio, 4x). Is, isquion.

En los casos del ensayo hay una fibrosis tanto de la estructura meniscoide como del ligamento redondo que se pone de manifiesto en la tinción con rojo Sirio (Fig. 172). De este modo hay una movilización de esta estructura meniscoide, asociada a la hipertrofia de ambas estructuras.

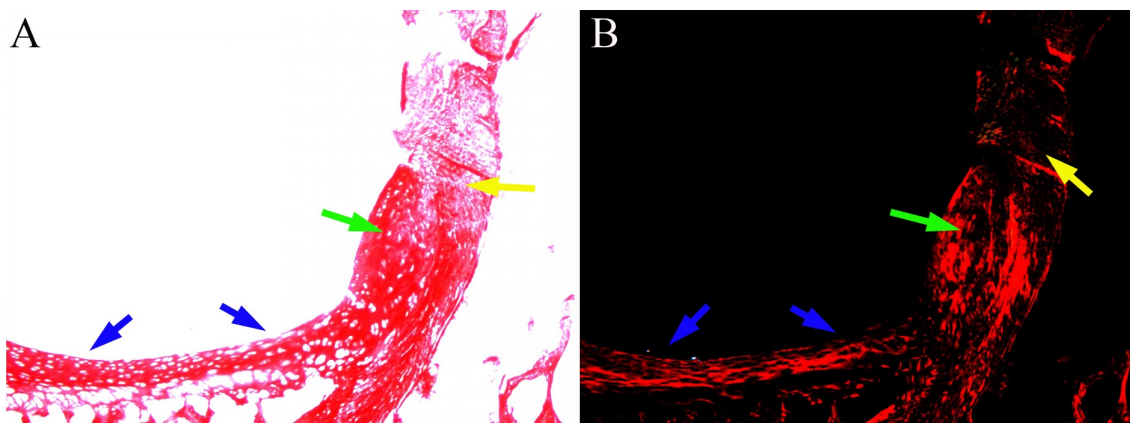


Fig. 172. Histofotomicrografía de un corte sagital del suelo del acetábulo. Grupo ensayo (caso 08-042). A, tinción con picrosirio visto con luz normal, se observa la estructura meniscoide levantada (flecha verde) en continuidad con el isquion (flechas azules) y adyacente al ligamento redondo (flecha amarilla). B, misma imagen con luz polarizada. Se observa el incremento de fibras de colágeno tanto en la estructura meniscoide (flecha verde) como en el ligamento redondo (flecha amarilla). (rojo Sirio, 4x).

Isquion.

En el grupo ensayo, en la metafisis correspondiente a la placa de crecimiento del isquion de la rama ilio-isquiática, no se observan las trabéculas secundarias perpendiculares a la placa como ocurre en condiciones normales, sino que tiene un trayecto oblicuo desde dentro hasta la cortical externa. El mismo fenómeno ocurre en las trabéculas del ilion, perdiendo su perpendicularidad. Se observa disminución de la altura de la cortical externa del isquion. (Fig. 165)

Médula ósea.

En el grupo ensayo, se aprecia en algunos casos cavitación de la medular del isquion, aumento del tejido fibroconjuntivo y pérdida del patrón normal de la médula en los espacios intertrabeculares.

Canal isquio-púbico.

Se aprecia estrechamiento, presencia de tejido fibroso en el mismo.

ANÁLISIS DEL SISTEMA FORMADO POR LIGAMENTO REDONDO, LIGAMENTO TRANSVERSO Y ESTRUCTURA MENISCOIDE.

Análisis sobre cortes seriados coronales realizados en la pelvis de rata de 22 días en el suelo de la pelvis en los casos de una semana pot-ensayo.

Grupo control (Fig. 173). En los primeros cortes analizados (corte 9), descripción sobre caso 08-006, se observa el pubis y el isquion. El pubis muestra su configuración habitual con un labrum redondeado, mientras que el labrum del isquion es más agudo (Fig. 173-A). La rama del isquion adquiere una forma de hoz. En el trasfondo se aprecia una amplia luz vascular. A partir del corte 15 (Fig. 173-B), se observa que el labrum del pubis se hace un poco más agudo. La superficie articular del isquion adquiere una forma en copa simétrica con un cartílago de crecimiento que se muestra como una línea homogénea con unos extremos levemente redondeado. Se observa la estructura meniscoide aumentando la superficie de contacto entre el isquion y la cabeza femoral, y como hay fibras del ligamento redondo adyacentes a la estructura meniscoide que se dirigen desde la cara medial del isquion hacia el pubis. El isquion con su superficie articular y la rama ósea que se dirige al pubis adquieren una forma de pipa. A partir del corte 23 (Fig. 173-C), se observa el ligamento transversal situado en el extremo del pubis; el isquion mantiene una superficie articular en forma de copa simétrica. Llama la atención como la estructura meniscoide se extiende hacia el pubis de modo que hace de techo del canal isquio-púbico, aumentando la superficie de contacto del isquion con la cabeza femoral que queda así separada del trasfondo acetabular. Las fibras del ligamento redondo se conectan con el ligamento transversal y la cara medial del isquion con su estructura meniscoide. En el corte 26 (Fig. 173-D), se hace más manifiestas las estructuras señaladas con un aumento de la estructura meniscoide. En el corte 29 y 30 (Fig. 173-E y F), se sigue apreciando la simetría de la superficie articular pero se van redondeando los límites.

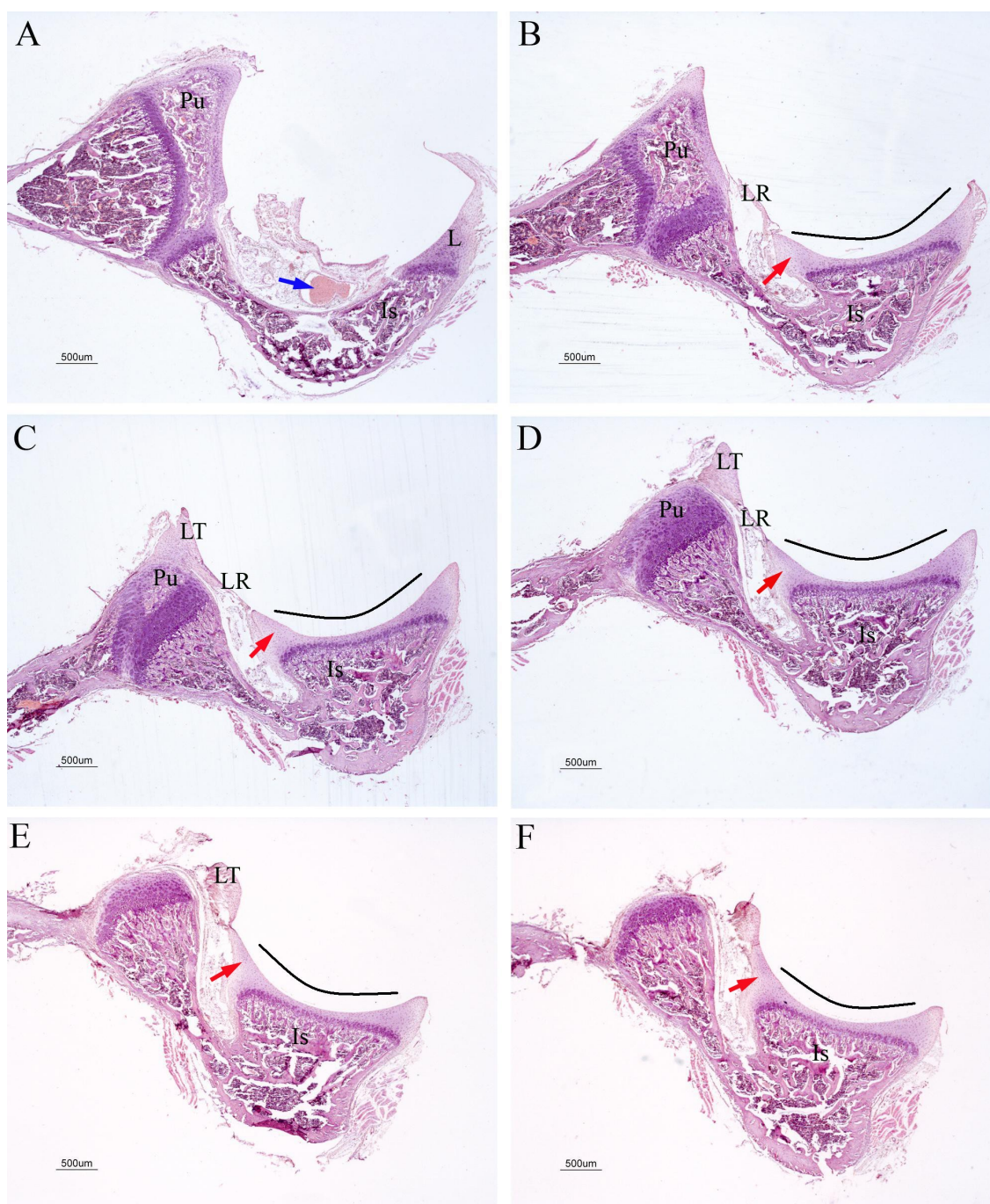


Fig. 173. Histofotomicrografías de un corte seriado transversal de la cadera de la rata. Grupo control del grupo de una semana (caso 08-006). A, imagen con pubis (Pu) redondeado e isquion (Is) agudo. Se señala un luz vascular amplia (flecha azul). B, se muestra la forma simétrica y

Resultados

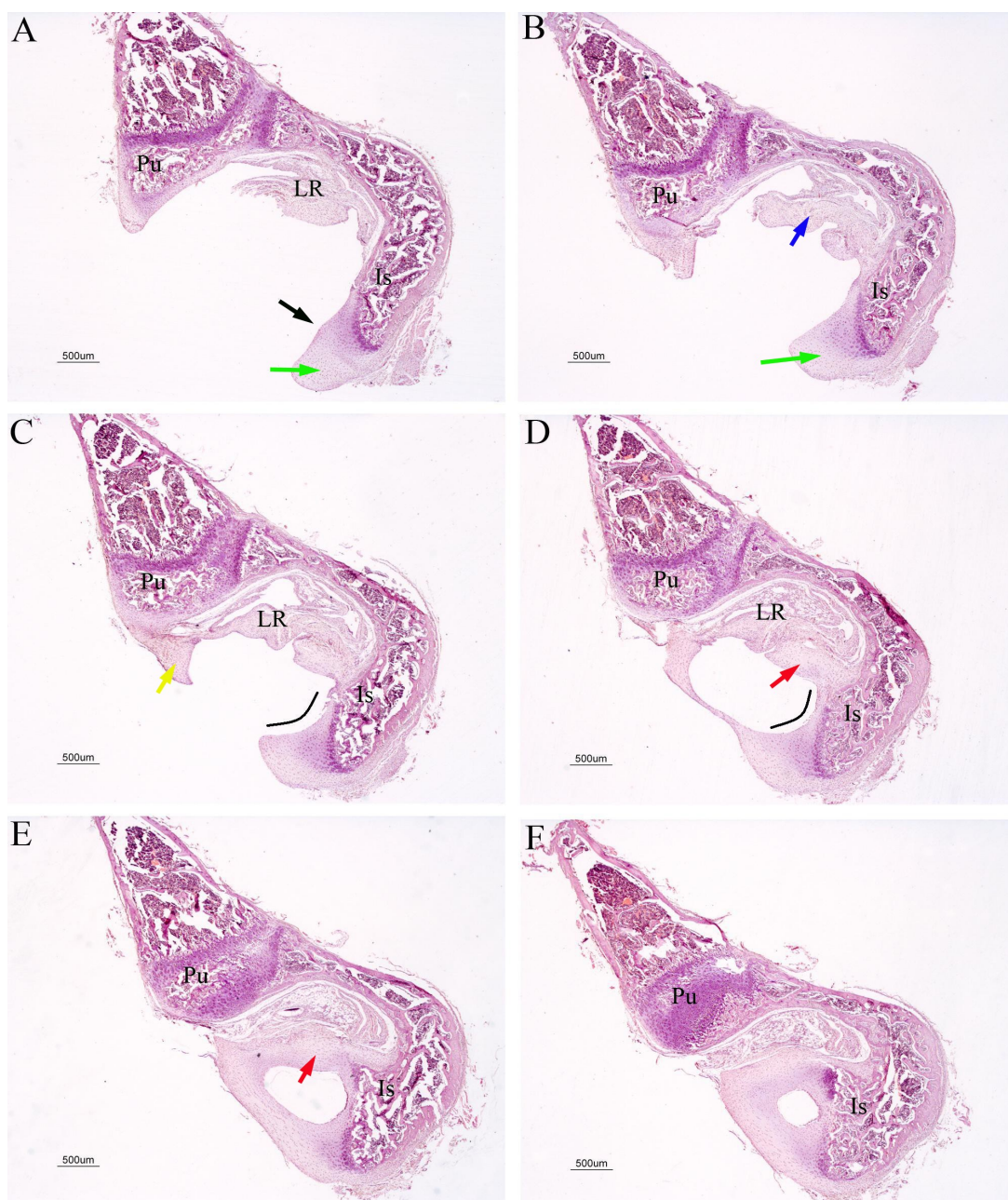
con forma de copa del isquion (línea curva), así como la estructura meniscoide (flecha roja). C, se mantiene al forma de copa del isquion (línea curva) y la estructura meniscoide (flecha roja) se continúa con el ligamento redondo (LR) que se une al ligamento transverso (LT). D, se observan más desarrolladas las estructuras antes señaladas. E, la simetría del isquion se mantiene (línea curva) y se observa como la estructura meniscoide aumenta la superficie de contacto del isquion (flecha roja). F, se siguen observando las estructuras antes señaladas. Pu, pubis. Is, isquion. LT, ligamento transverso. LR, ligamento redondo. (HE, 2x)

Resultados

Caso ensayo (Fig. 174). En los primeros cortes analizados, descripción sobre caso 08-008, se observa el pubis y el isquion separados por la rama isquio-pubiana del cartílago trirradiado. En el corte 16 (Fig. 174-A), se observa una hipertrofia del labrum del pubis que adquiere un aspecto más romo o redondeado. En el trasfondo se aprecia hipertrofia del ligamento redondo. El labrum del isquion está hipertrofiado y redondeado, perdiendo su forma normal aguda y con presencia de una hipertrofia del pericondrio. En la superficie articular se observa una pequeña gibosidad intra-articular que correspondería al “*ridge*”. El aspecto del isquion parece una hoz pero más roma y con más flexión de la misma. En el corte 31 (Fig. 174-B), se observa el ligamento transversal hipertrofiado y desplazado hacia el centro de la luz articular. El ligamento redondo está hipertrofiado y se aprecia como tiene una íntima relación con la estructura meniscoide que se ve hipertrofiada y levantada hacia la luz articular. El labrum del isquion está hipertrofiado con aumento de la anchura del mismo, asociado a la hipertrofia del periostio adyacente. En el corte 34 (Fig. 174-C), se observa de manera más manifiesta el desplazamiento del ligamento transversal hipertrofiado, y como ésta unido con fibras hipertrofiadas del ligamento redondo. La estructura meniscoide es muy evidente, tanto en su levantamiento como en su hipertrofia. El labrum aparece invertido. En el corte 37 (Fig. 174-D), se ponen más de manifiesto las lesiones señaladas previamente. El aspecto del isquion en su superficie articular recuerda de manera vaga la forma en copa de la situación de normalidad pero aquí hay asimetría. El trasfondo se observa ocupado por tejido fibroso, en parte derivado del ligamento redondo. Al ir descendiendo, se observan fibras que parte del labrum del isquion para reunirse con el ligamento transversal. En el corte 41 (Fig. 174-E), el ligamento transversal no se observa de manera independiente. Se observan fibras periféricas del ligamento redondo hipertróficas que se introducen por dentro del canal isquio-púbico, adyacente a la estructura meniscoide que es cortada tangencialmente de modo que hace de límite medial de la superficie articular del isquion. Se observa la pérdida de la simetría de la placa de crecimiento bajo la superficie articular del isquion. En el corte 43 (Fig. 174-F), se sigue descendiendo por el

Resultados

canal isquio-pubiano, la superficie articular del isquion se amplia ya que la estamos cortando de manera muy tangencial, de modo que la zona medial corresponde a la estructura meniscoide hipertrofiada.



Resultados

Fig. 174. Histofotomicrografías de cortes seriados trasversales del acetábulo de la rata. Grupo ensayo del grupo de una semana (caso 08-008). A, se observa hipertrofia del pubis y del isquion (flecha verde) con presencia de gibosidad (flecha negra). B, se observa hipertrofia del ligamento redondo (flecha azul) y del labrum (flecha verde). C, el ligamento transverso se observa hipertrofiado (flecha amarilla) y desplazado a la luz articular con inicio de la imagen de elevación e hipertrofia de la estructura meniscoide. D, se pone más de manifiesto la hipertrofia y el levantamiento de la estructura meniscoide (flecha roja), se observa fibrosis en el trasfondo. E, la estructura meniscoide se observa hipertrofiada y en contigüidad con el ligamento redondo hipertrofiado (flecha roja) que se dirige hacia el canal isquio-pubiano. Se observa la pérdida de la simetría de la placa de crecimiento del isquion. F, la superficie articular del isquion se ha seccionado de manera tangencial, mostrando una parte medial que corresponde a la estructura meniscoide, mientras que la zona más interna es superficie articular con alteraciones de la citoarquitectura. (HE, 2x) Pu, pubis. Is, isquion. (HE, 2x)

5.2.10. Resumen de los resultados histológicos en el grupo de ratas de una semana.

A. Cambios generales de la articulación.

Los cambios generales son hipertrofia del labrum del ilion con predominio del tejido fibrocartilaginoso sobre el tejido fibroconjuntivo con formas invertidas o evertidas. El isquion está hipertrófico con presencia de un abultamiento en la zona limitante entre el labrum y la superficie articular del isquion. En el pubis se observa un rodete de tejido fibroconjuntivo. La superficie articular del isquion tiene áreas acelulares con alteración de la cito-arquitectura al alterarse la zona más superficial. En el pulvinar se observa disminución del tejido graso, aumento de tejido fibroso, necrosis de adipocitos, aumento de las luces vasculares, engrosamiento de las paredes vasculares, presencia de sinovial acelular, hipertrofia de la sinovial y colagenosis subsinovial.

B. Cambios en el sistema ligamento transverso, ligamento redondo y estructura meniscoide.

Los cambios en el sistema ligamento transverso, ligamento redondo y estructura meniscoide son la plegadura e hipertrofia del ligamento redondo con presencia de fibrilación de la matriz extra-celular, metaplasia condral y focos acelulares. La estructura meniscoide está hipertrofiada, muy desplazada hacia la luz articular con predominio de células condrales sobre las fibroblásticas. El ligamento transverso se observa hipertrofiado y desplazado hacia la luz articular.

C. Cambios óseos estructurales.

Los cambios óseos estructurales son pérdida del alineamiento osteoblástico en el isquion que forma el trasfondo del acetábulo, adelgazamiento de la cortical del trasfondo, pérdida del tejido óseo lamelar con presencia de hueso inmaduro, hipertrofia del periostio y flexura del isquion en su zona más proximal, disminución de las

Resultados

trabéculas óseas perpendiculares de la zona ilio-isquiática que dan paso a trabéculas oblicuas y verticalización de la placa de crecimiento del ilion.

5.2.11. Resultados histológicos en el grupo de ratas de dos semanas.

Resultados Observacionales.

Labrum.

Labrum del Ilión. En el grupo de ensayo, se ha observado hipertrofia del labrum en el 100 % de los casos con un predominio del tejido fibrocartilaginoso sobre el tejido fibroconjuntivo.

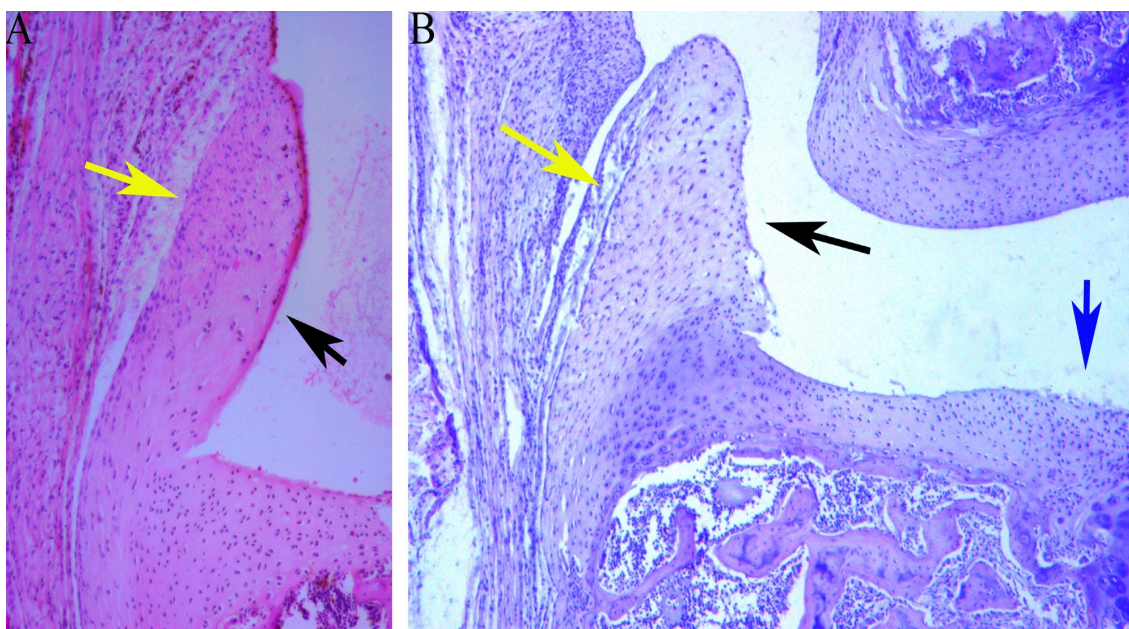


Fig. 175. Histofotomicrografía del pubis del grupo de ensayo de dos semanas. A: se observa la forma característica de la hipertrofia del pubis, con una zona interna de cartílago poco denso (flecha negra) y una zona externa de tejido fibroconjuntivo (flecha amarilla). B: otro caso donde se observan las dos zonas, interna o de tejido cartilaginoso (flecha negra) y externa o de tejido fibroconjuntivo (flecha amarilla) que se continua con el pericondrio. La superficie articular ha perdido su cito-arquitectura (flecha azul). (HE, 2x)

Labrum del isquion. Se observa hipertrófico que el 100 % de los casos. Tiene las mismas características histológicas a las descritas en el ilion.

Resultados

Labrum del Pubis. En esta fase se observa la aparición de la hipertrofia del labrum como una estructura que se dirige vertical hacia la luz articular. Se observan dos zonas: en la zona intra-luminal, destaca el tejido cartilaginoso metaplásico con pocos condrocitos y dehiscencia de matriz extra-celular (Fig. 175). Esta zona se continúa con el tejido cartilaginoso del pubis. La zona externa o extra-luminal, está constituida por tejido fibroconjuntivo, también se continúa con el pericondrio del pubis (Fig. 175).

Superficie articular.

En el grupo de ensayo, se observa pérdida de la celularidad de la zona articular, tanto en isquion como en pubis, así como de la cito-arquitectura (Fig. 175-B). En la medición se ha observado una pérdida del 44% de la longitud del cartílago articular del pubis que pasa de 172 μ de media a 97 μ en el grupo de ensayo.

Fondo del acetábulo.

En el grupo de ensayo, se observa disminución de la anchura del fondo, que pasa de una media de 555 μ en el grupo control a 252 μ en el grupo de ensayo (disminución del 55%). Se observa pérdida del alineamiento osteoblástico de la cortical interna del isquion, y destaca la presencia de abundante fibrosis que invade la cortical interna del isquion (Fig. 176)

Pulvinar

Se observa pérdida de tejido graso en el pulvinar (42,85%) y aparece fibrosis (35,71%). Se observa necrosis de adipocitos.

Se observa un aumento de tamaño de las luces vasculares, similares al control, aunque en ocasiones discretamente mayores. En algunos casos se ha observado un engrosamiento de la pared vascular (Fig. 176).

En sinovial se ha observado zonas con parches acelulares y otras zonas con hipertrofia sinovial y colagenosis subsinovial (14,28%).

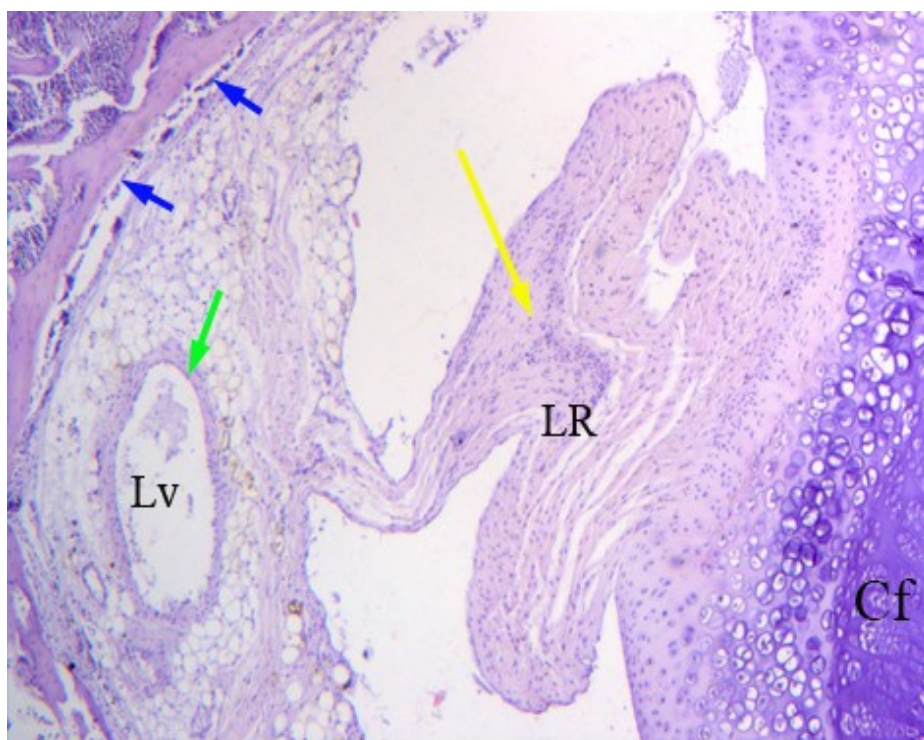


Fig. 176. Histofotomicrografía de un corte sagital del pulvinar. Grupo ensayo. Se observa un ligamento redondo hipertrofiado (flecha amarilla), luces vasculares con una pared engrosada (flecha verde) y alteración del alineamiento osteoblástico (flecha azul). Lv, luz vascular. Cf, cabeza femoral. LR, ligamento redondo. Caso 07-279. (HE, 4x)

Ligamento Redondo.

En todos los casos la hipertrofia del ligamento redondo es muy importante, contribuyendo a ser uno de los componentes de la cavidad articular que han dejado la cabeza fuera de la misma (Fig. 176).

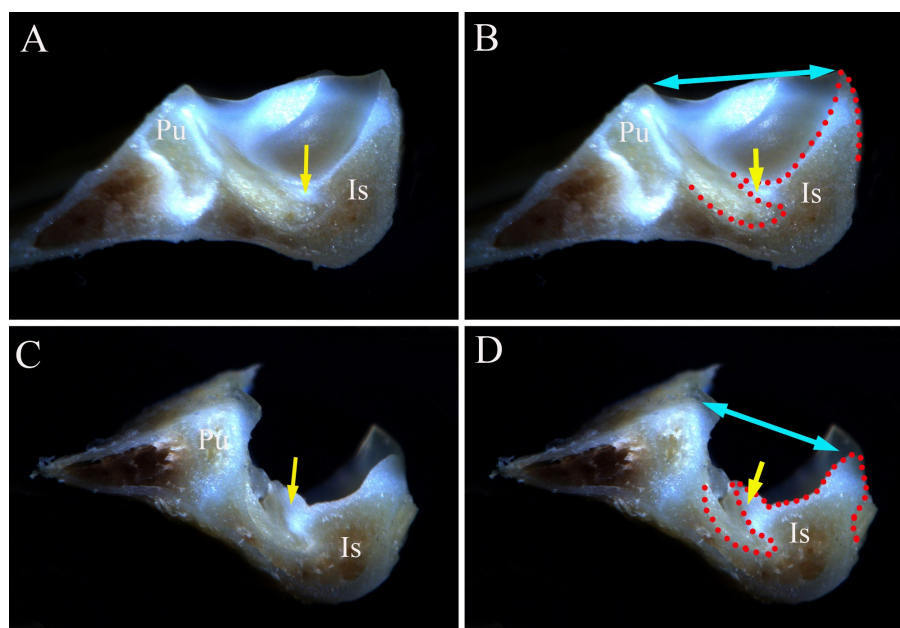


Fig. 177. Imagen macroscópica del acetábulo del grupo de dos semanas. Corte coronal. A, caso control, se señala la situación de la estructura meniscoide (flecha amarilla). B, misma imagen donde se delimita la superficie del isquion con puntos rojos. Con la flecha azul se muestra el diámetro del acetábulo. C, caso de ensayo, se indica la estructura meniscoide hipertrofiada y levantada (flecha amarilla). D, misma imagen, donde se observa la disminución del diámetro del acetábulo (línea azul), así como la hipertrofia del labrum y de la estructura meniscoide (puntos rojos).

Meniscoide.

La estructura meniscoide se encuentra hipertrofiada en todos los casos, dirigiéndose a la luz articular y asociada con el ligamento redondo con el que mantiene un íntimo contacto. En el corte coronal macroscópico podemos observar como el diámetro del acetábulo se reduce, se redondea el labrum del isquion y la estructura meniscoide se eleva y se desplaza hacia la luz articular (Fig. 177).

En los cortes coroneales se consigue realizar un corte secante a la superficie articular del isquion, se observa una zona central que corresponde a la luz articular y alrededor se sitúa el isquion. En éste se aprecian dos zonas, una interna que corresponde

Resultados

a la superficie articular isquiática y otra zona periférica que corresponde a la estructura meniscoide hipertrofiada y en íntimo contacto con el ligamento redondo.

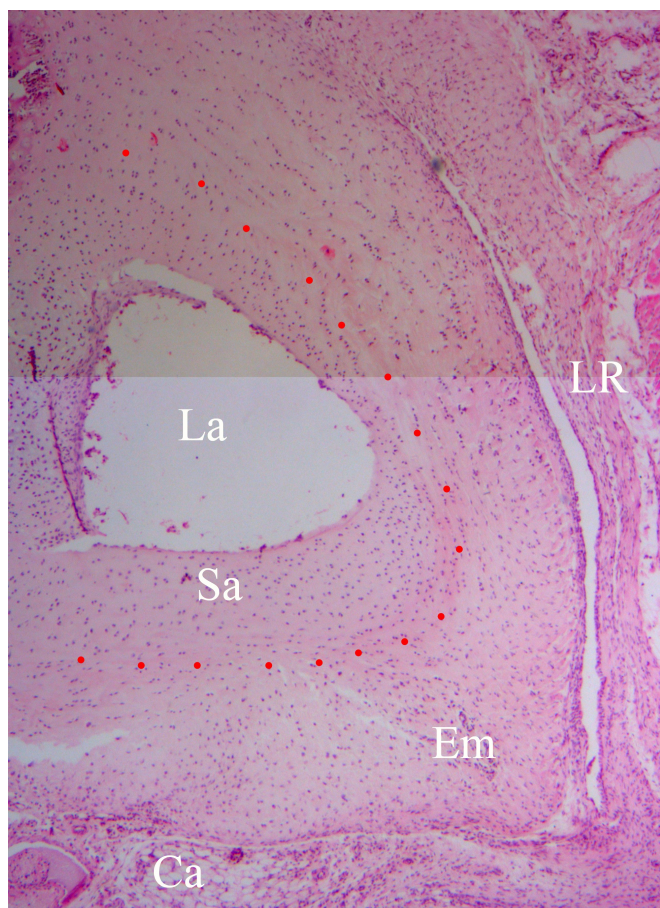


Fig. 178. Histofotomicrografía de un corte transversal del isquion. Caso ensayo. Se observa una zona interna periférica a la luz articular (La) que corresponde a la superficie articular (Sa) y una externa que corresponde a la estructura meniscoide hipertrofiada (Em) adyacente al canal isquio-púbico (Ca) y al ligamento redondo (LR). Los puntos rojos señalan la zona de separación de ambas zonas. (HE, 4x)

Placa de crecimiento.

En el grupo de ensayo, la altura de la placa isquio-púbica disminuye y pasa de una media de 467 μ en el grupo control a una media de 360 μ en el grupo ensayo, que representa una disminución del 23%. La altura de la placa correspondiente al pubis

Resultados

disminuye un 25 % al pasar de 57 μ en el grupo control a 43 μ en el grupo ensayo. La altura de la placa del isquion disminuye de 48 μ en el grupo control a 46 μ en el grupo ensayo que es una disminución del 5%. La fisis del pubis disminuye de un grosor de 185 μ en el grupo control a 152 μ en el grupo de ensayo, que representa una disminución del 18% (Tabla XXX).

Canal isquio-pubiano.

Se observa fibrosis del canal isquio-pubiano, que se extiende hacia el exterior afectando a la musculatura periférica. Se puede observar fibrosis en el intersticio tanto de las zonas intermusculares como intramusculares y que corresponderían al músculo obturador externo (Fig. 179).

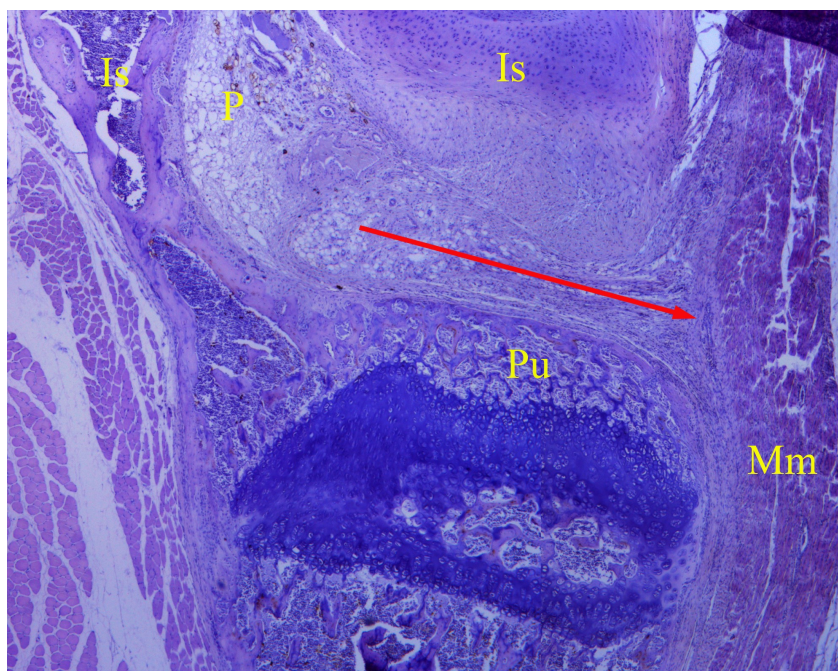


Fig. 179. Histofotomicrografía del canal en un caso del grupo de dos semanas. Se observa fibrosis en el canal (indicado con una flecha roja). También se aprecia fibrosis en la zona muscular (Mm). En el pulvinar (P) se observa necrosis grasa y fibrosis. Is, isquion. Pu, pubis. HE, 2x.

Médula Ósea.

Se aprecia cavitación de la medular del isquion, aumento del tejido fibroconjuntivo y pérdida del patrón normal de la médula en los espacios intertrabeculares.

5.2.12. Resumen de los resultados histológicos en el grupo de ratas de dos semanas.

A. Cambios generales de la articulación.

El labrum del ilion, isquion y pubis y del ilion presentan hipertrofia. En el caso del pubis, se observa como se eleva de forma digitiforme, se invierte y se dirige hacia la luz articular. Se aprecia alteración de la cito-arquitectura de la superficie articular del isquion. En el pulvinar se observa un aumento de tejido fibroso, que invade la cortical del isquion y se prolonga por el canal isquio-pubiano, de modo que se aprecia tejido fibroso en la musculatura adyacente. Se observan amplias luces vasculares con engrosamiento de la pared vascular y disminución del tejido graso en el pulvinar.

B. Cambios en el sistema ligamento transverso, ligamento redondo y estructura meniscoide.

El ligamento redondo, la estructura meniscoide y el ligamento transverso se hipertrofian de modo que favorecen la expulsión de la cabeza femoral y a su vez impiden la reducción de la misma. En los cortes secantes a la superficie de la articulación se observan dos zonas, una central que corresponde a la superficie articular propiamente dicha con tejido condral, y una zona periférica, fibrocartilaginosa, que corresponde a la estructura meniscoide hipertrofiada de modo que predomina el tejido fibroso. El ligamento transverso se observa hipertrofiado y desplazado hacia la luz articular.

C. Cambios óseos estructurales.

El encorvamiento del isquion es evidente, a expensas del tejido óseo, y con adelgazamiento de la anchura de la cortical.

5.2.13. Resultados grupo de ensayo miscelánea.

Este grupo está formado por especímenes del ensayo de varios periodos de estudio hasta llegar al año de evolución. No se ha querido ser exhaustivo en los resultados ya que no era el propósito de este trabajo que está concentrado en los primeros momentos de la patodinamia. El objetivo es recoger las alteraciones macroscópicas principales de la pelvis, con especial atención a los movimientos del isquion.

El estudio radiográfico del animales estudiados muestra que las lesiones descritas en el ensayo se mantienen, con luxación completa de la cadera produciéndose alteraciones de la pelvis en mayor o menor medida.

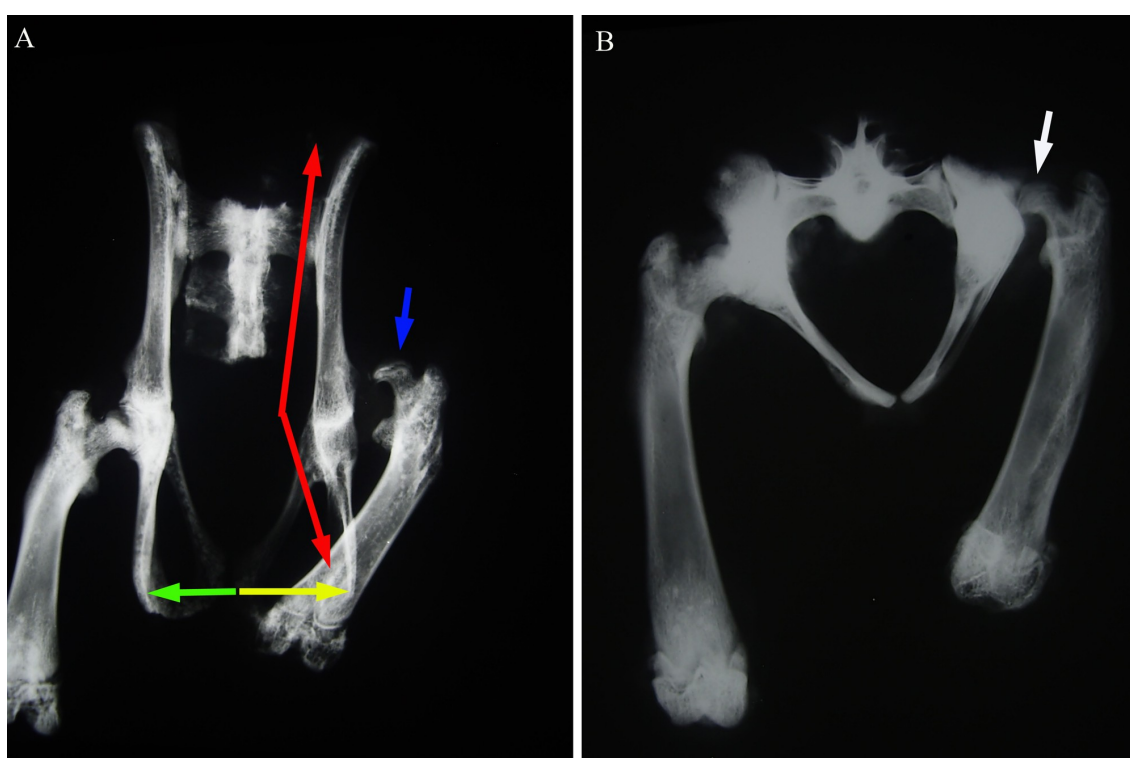


Fig. 180. Imagen radiográfica de pelvis de rata de seis semanas de evolución. A, imagen radiográfica antero-posterior. Cadera izquierda luxada (flecha azul). Se observa un desplazamiento del isquion hacia exterior (flecha amarilla) respecto del otro lado (flecha verde). Aumenta el ángulo entre ilion e isquion (flechas rojas). B, imagen axial. La cabeza está luxada hacia la zona posterior (flecha blanca).

Resultados

Se observa la progresión de la luxación que se dirige hacia la zona supero-posterior. Se acompaña de la movilización del isquion que podemos observar que se desplaza hacia el exterior en la proyección antero-posterior (Fig. 180-A) con aumento del ángulo ilio-isquiático.

En los casos más avanzados, de un año de evolución, hemos comprobado que si bien la alteración del isquion se mantiene, no parece que tenga una progresión proporcional al tiempo que ha transcurrido. Incluso se podría decir que se ha reducido, lo cual se asocia con una completa falta de contacto entre la cabeza femoral y el acetábulo (Fig. 181).

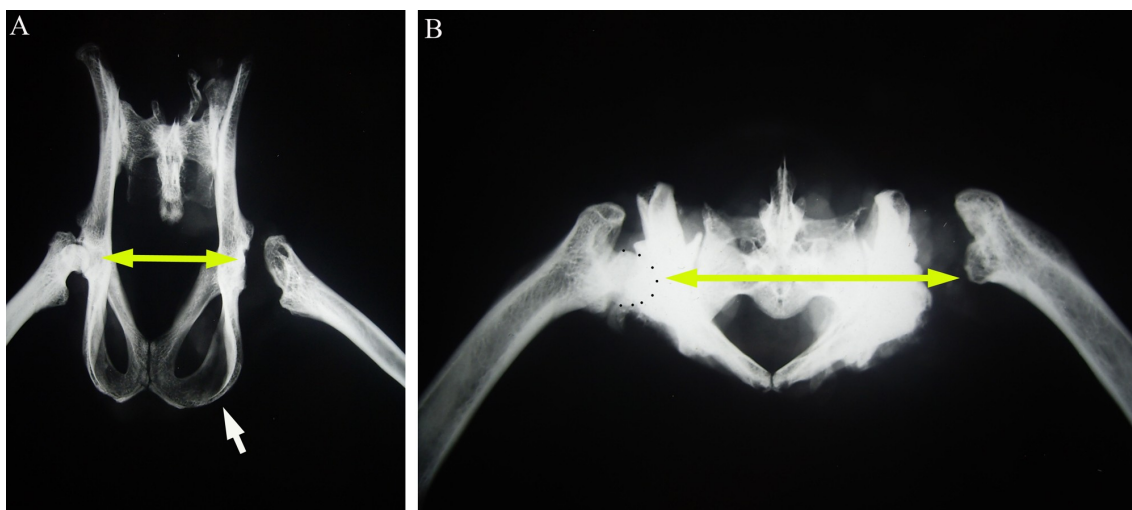


Fig. 181. Imagen radiográfica de la pelvis de una rata con una evolución de la lesión de un año. A, imagen radiográfica antero-posterior. Se observa la cadera izquierda (lado del ensayo) completamente luxada, ligeramente ascendida. Se señala con una flecha amarilla la posición de los acetábulos originales. Se observa un desplazamiento del isquion hacia externo (flecha blanca). B, imagen radiográfica axial. Se observa la cadera izquierda luxada, discretamente hacia posterior. Se señala con flecha amarilla la localización de los acetábulos originales. La cabeza femoral derecha se ha punteado para que sirva de referencia.

Cuando analizamos macroscópicamente la hemipelvis en casos de seis semanas de evolución, se comprueba que el ilion se encorva respecto del isquion, de modo que toda la hemipelvis se flexiona hacia anterior. Como ya se comentó en los periodos

Resultados

precoces del estudio, el isquion experimenta otros dos movimientos, ya que en el plano anteo-posterior se desplaza hacia afuera y en el plano axial lo hace hacia el exterior (como se ha señalado en las radiografías previas). También se observa el desplazamiento del acetábulo hacia la zona postero-superior (Fig. 182).

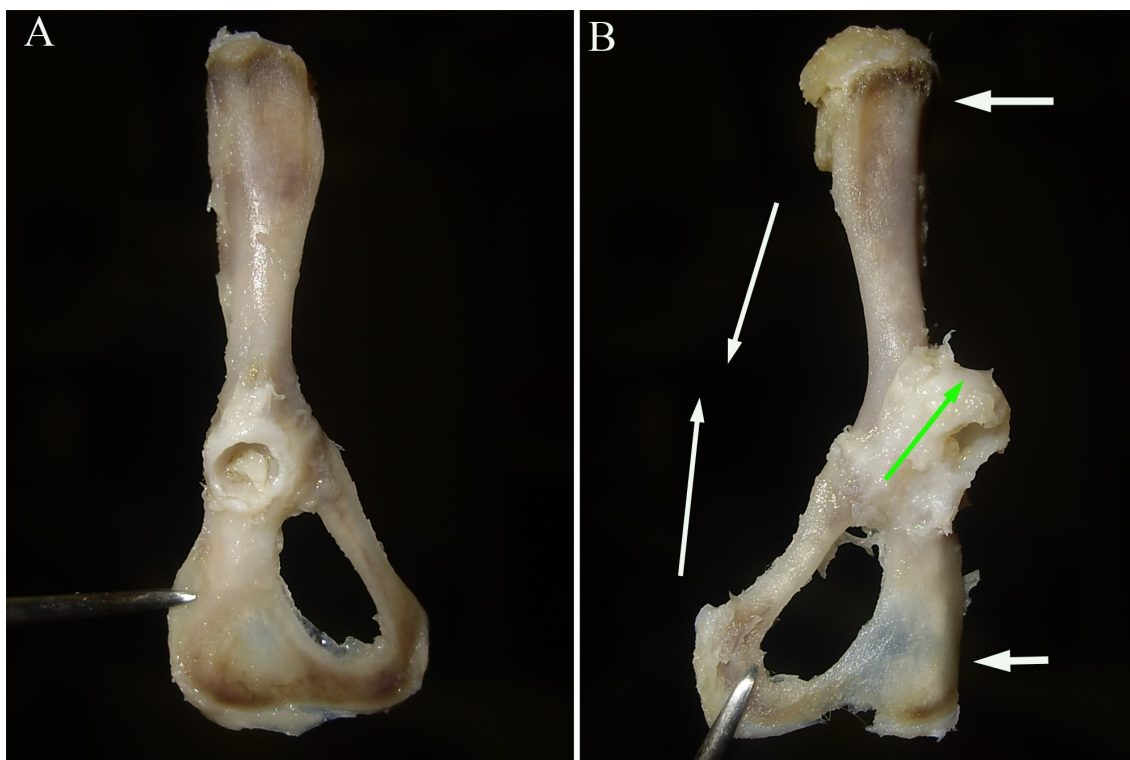
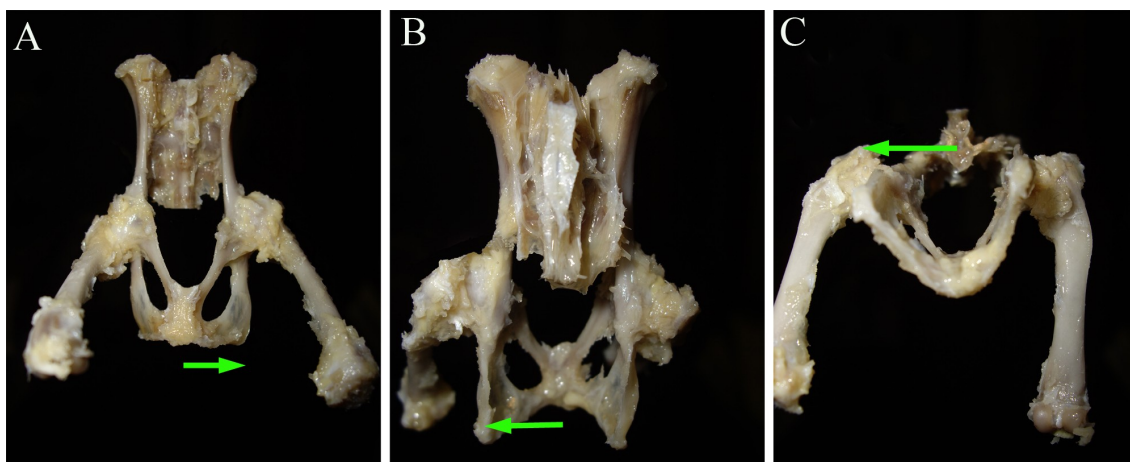


Fig. 182. Imagen macroscópica de una hemipelvis de rata de 6 semanas de evolución. Grupo miscelánea. A, lado control. B, imagen macroscópica de la hemipelvis del lado ensayo. Se observa la movilización de la hemipelvis con flexión del ilion e isquion (flechas blancas). El acetábulo se ha desplazado hacia la zona supero-externa (flecha verde).

Estos movimientos del isquion se pueden comprobar en la pelvis de un año de evolución, pero como comentábamos con la radiografías parece que hay menos lesiones que las que habría que pensar en un proceso evolutivo, debido a la ausencia de contacto entre cabeza y pelvis (Fig. 183).



Si valoramos el suelo del acetábulo, se comprueba que la superficie del isquion experimenta una rotación externa, además de las modificaciones de la superficie articular y del tejido que configura la estructura meniscoide (Fig. 184).

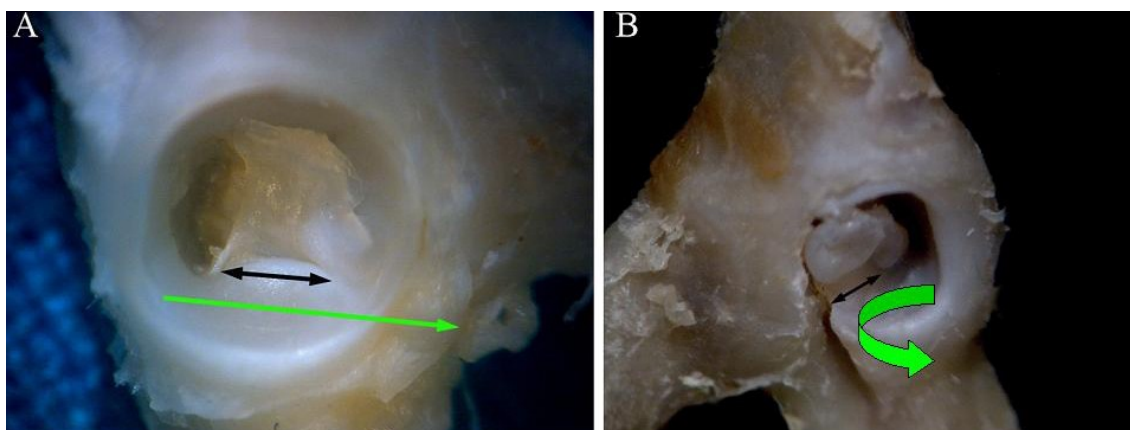


Fig. 184. Imagen macroscópica del acetábulo de rata. Grupo miscelánea, evolución de 6 semanas. A, lado control. Se señala la situación del ligamento redondo (flecha negra) y la dirección de la superficie del isquion. B, se observa la disposición más medial del ligamento redondo (flecha negra), se aprecia la rotación externa del isquion (flecha verde).

El proceso de rotación externa se puede comprobar al observar como el ligamento redondo se dirige hacia la zona medial (al agujero isquio-pubiano), este

Resultados

movimiento se acompaña de la elevación del reborde del isquion que pasa de ser una superficie articular en forma de copa a una más aguda.

En definitiva, el isquion se mueve en los tres ejes y tendría este cuarto movimiento del isquion consistente en la rotación externa. Cuando se hace un corte transversal al acetábulo se puede comprobar que el suelo se eleva y colabora en la proyección de la cabeza hacia el techo, unido a la tracción y elevación a la que se somete el isquion y la estructura meniscoide (Fig. 185).

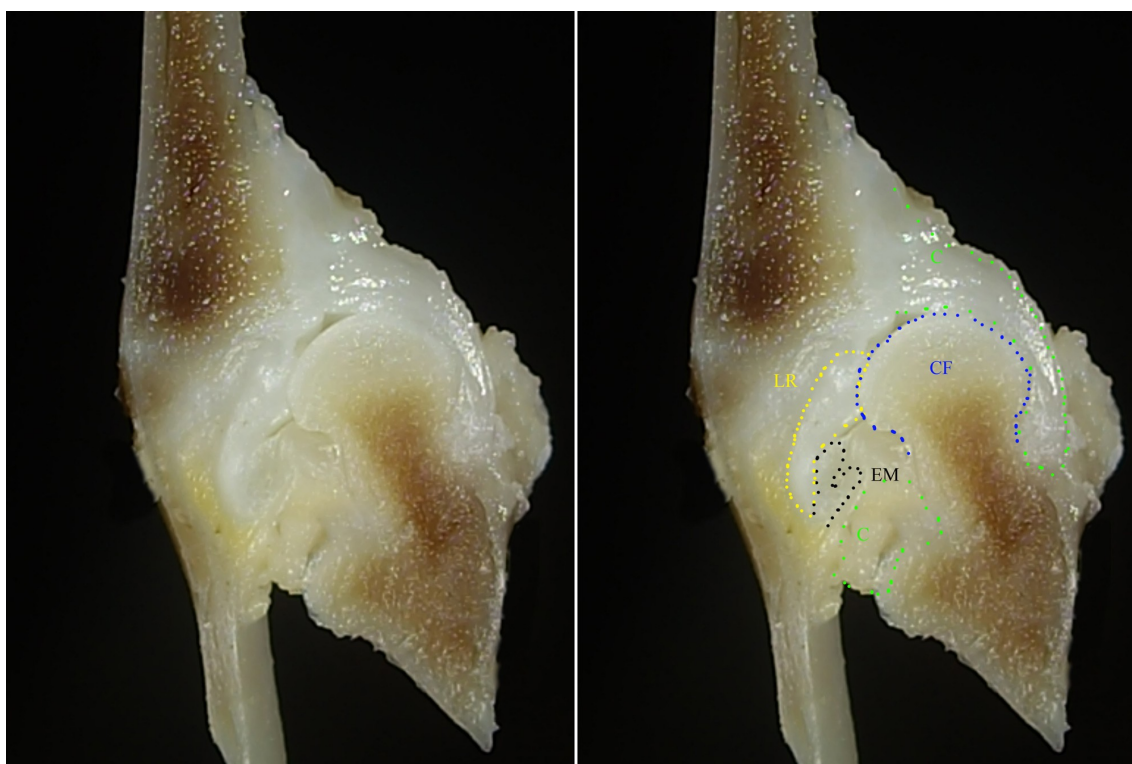


Fig. 185. Imagen macroscópica de un corte transversal del acetábulo de una rata de 6 semanas. Se muestra la estructura meniscoide elevada (EM) que ocupa el espacio articular dejado por la cabeza femoral (CF).

En estas fases, además de las lesiones señaladas en el suelo del acetábulo, se observan las lesiones conocidas del techo, que pierda su forma agua, afectándose tanto el labrum como la zona ósea que corresponde al ilion (Fig. 186).

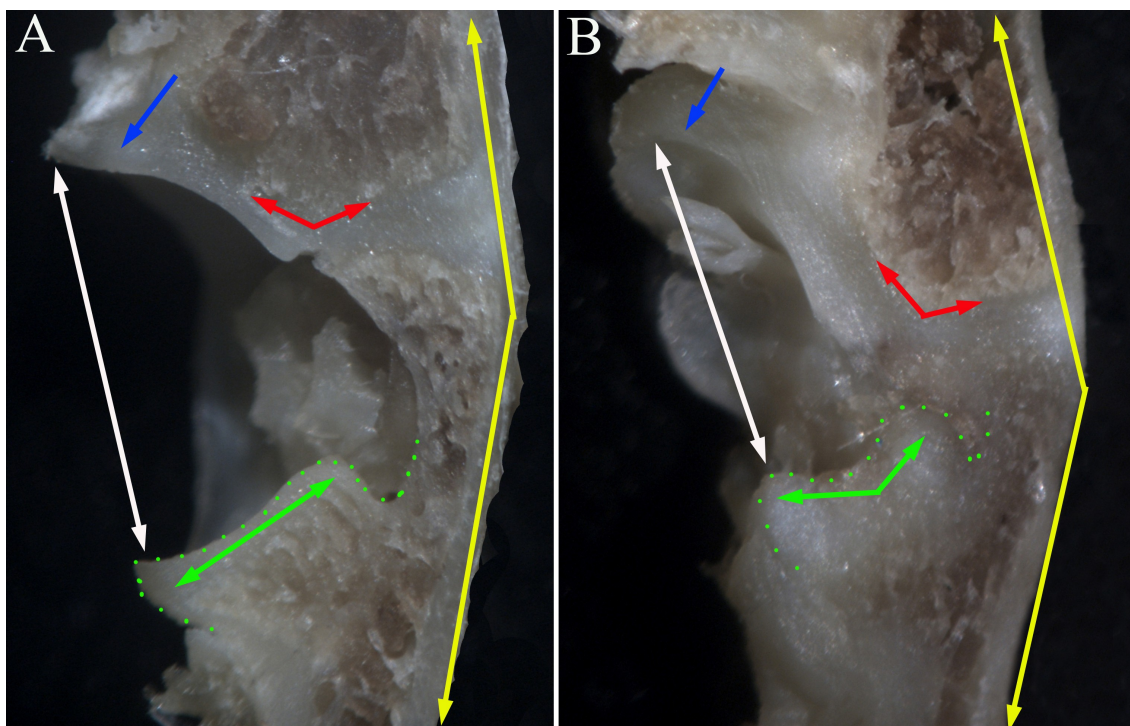


Fig. 186. Imagen macroscópica del corte transversal del acetábulo de la rata. A, caso control. Se señala la forma de la superficie articular (flecha verde y puntos verdes), se observa el ángulo que forma el ilion con el isquion (flechas amarillas), se aprecia el reborde óseo del techo (flecha roja) y la altura del acetábulo (flecha blanca), con una flecha se señala el labrum normal. B, caso ensayo de 6 semanas. Se aprecia la deformidad del isquion con elevación de los bordes (flecha verde y puntos verdes), se observa la flexión del isquion respecto del ilion (flechas amarillas), el reborde óseo se deforma (flechas rojas), el labrum se hipertrofia (flecha azul) y la altura del acetábulo se reduce (flechas blancas).

5.2.14. Resumen de los resultados en el grupo de ratas de miscelánea.

A. Cambios generales de la articulación.

La cápsula se hipertrofia y se observa una movilización de toda la articulación hacia la zona postero-superior. La cabeza pierde el contacto espacial con el acetábulo, asciende y empuja al labrum.

B. Cambios en el sistema ligamento transverso, ligamento redondo y estructura meniscoide.

El ligamento redondo está hipertrofiado y ocupa parte del espacio articular. La estructura meniscoide está elevada, también el labrum y el ligamento transverso. Todo ello colabora en ocupar el espacio articular original.

C. Cambios óseos estructurales.

El isquion experimenta un movimiento en los tres ejes del espacio, se separa del eje, se aplana y se flexiona. Además se produce una rotación externa de la superficie articular del isquion de modo que el ligamento redondo se medializa.

6. TABLAS

Tablas

Tabla I. Resultados de los parámetros cualitativos valorados en la radiología de la pelvis en el grupo de cuatro días.

Parámetro	N	Lado derecho		Lado izquierdo		p
		Normal	Patológico	Normal	Patológico	
Ca	11	11	0	6	5	0,0419
AlCa	11	11	0	6	5	0,0419
LS	11	11	0	3	8	0,0019
Cu	11	11	0	10	1	1,0000
OsFe	11	11	0	7	4	0,0973
Co	11	11	0	6	5	0,0419

Test estadístico de la Chi-cuadrado.

Tabla II. Resultados de los parámetros cualitativos valorados en la radiología de la pelvis en el grupo de una semana.

Parámetro	N	Lado derecho		Lado izquierdo		p
		Normal	Patológico	Normal	Patológico	
Ca	19	19	0	10	9	0,0023
AlCa	19	19	0	12	7	0,0120
LS	19	19	0	8	11	0,0003
Cu	19	19	0	9	10	0,0009
OsFe	19	19	0	10	9	0,0023
Co	19	19	0	12	7	0,0120

Test estadístico de la Chi-cuadrado.

Tabla III. Resultados de los parámetros cualitativos valorados en la radiología de la pelvis en el grupo de dos semanas.

Parámetro	N	Lado derecho		Lado izquierdo		p
		Normal	Patológico	Normal	Patológico	
Ca	12	12	0	1	11	< 0,0001
AlCa	12	12	0	0	12	< 0,0001
LS	12	12	0	0	12	< 0,0001
Cu	12	12	0	0	12	< 0,0001
OsFe	12	12	0	0	12	< 0,0001
Co	12	12	0	0	12	< 0,0001

Test estadístico de la Chi-cuadrado.

Ca	Cadera, tipo
AlCa	Altura Cabeza (femoral)
LS	Línea de Shenton
Cu	Cuello (femoral)
OsFe	Osificación Femoral
Co	Cobertura (de la cabeza femoral)

TABLA IV. Resultados de los parámetros radiológicos valorados en la proyección AP de la pelvis a los cuatro días post-ensayo.

Parámetro	n	Lado Derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado Izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
ACE (°)	11	2 ± 2	6 ± 4	0,0336
AlnAc (°)	11	77 ± 2	81 ± 2	0,0128
AlnAcMo (°)	11	103 ± 2	98 ± 2	0,0001
InAc (%)	11	39,21 ± 3,92	47,51 ± 4,83	0,0006
ObTAc (°)	11	21 ± 6	30 ± 6	0,0128
Ate (°)	11	104 ± 7	105 ± 6	0,5619
InExAc (%)	11	58,08 ± 7,47	57,76 ± 7,46	0,847
LoIl (mm)	11	12,13 ± 0,91	12,16 ± 0,8	0,847
LoIs (mm)	11	8,68 ± 0,85	8,57 ± 0,86	0,6522
DBI (mm)	11	9,13 ± 0,66	9,08 ± 0,54	0,8977
DIILM (mm)	11	4,59 ± 0,32	4,36 ± 0,39	0,1713
DIILM (mm)	11	4,11 ± 0,64	4,35 ± 0,45	0,1713
DBAc (mm)	11	6,21 ± 0,46	6,15 ± 0,41	0,8977
DBIs (mm)	11	8,21 ± 0,83	8,33 ± 0,87	0,6063
AnPAc (mm)	11	0,56 ± 0,06	0,52 ± 0,11	0,2703
AnTr (mm)	11	0,76 ± 0,2	1,04 ± 0,15	0,0019
AnIl (mm)	11	1,06 ± 0,26	1,25 ± 0,30	0,1164
AnIs (mm)	11	0,78 ± 0,23	0,82 ± 0,21	0,3316
AnIIIsMe (mm)	11	0,72 ± 0,18	0,63 ± 0,19	0,133
AnIIIsLa (mm)	11	0,57 ± 0,11	0,59 ± 0,09	0,9487
AIIsAP (°)	11	163 ± 1	158 ± 3	0,0006
ATrIs (°)	11	81 ± 5	70 ± 4	0,0001

Test estadístico U de Mann-Whitney.

TABLA V. Resultados de los parámetros radiológicos valorados en la proyección AP de la pelvis a la semana post-ensayo.

Parámetro	n	Lado Derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado Izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
ACE (°)	11	7 ± 4	7 ± 4	0,3461
AInAc (°)	11	76 ± 1	78 ± 3	0,0332
AInAcMo (°)	11	103 ± 2	99 ± 2	0,0001
InAc (%)	11	40,93 ± 6,02	45,9 ± 4,35	0,0053
ObTAc (°)	11	28 ± 5	37 ± 5	0,0001
Ate (°)	11	105 ± 9	110 ± 5	0,1051
InExAc (%)	11	78,69 ± 7,12	67,74 ± 7,31	0,0004
LoIl (mm)	11	14,02 ± 0,43	14,06 ± 0,52	0,6242
LoIs (mm)	11	10,56 ± 0,48	10,38 ± 0,47	0,2582
DBI (mm)	11	10,39 ± 0,49	10,42 ± 0,48	0,8653
DIILM (mm)	11	5,27 ± 0,27	5,83 ± 0,76	0,0918
DIIsLM (mm)	11	4,8 ± 0,36	5,16 ± 0,49	0,0348
DBAc (mm)	11	7 ± 0,45	7,01 ± 0,37	0,985
DBIs (mm)	11	9,58 ± 0,87	10,05 ± 0,64	0,8653
AnPAc (mm)	11	0,66 ± 0,11	0,55 ± 0,14	0,0122
AnTr (mm)	11	0,68 ± 0,2	1 ± 0,22	0,0008
AnIl (mm)	11	1,44 ± 0,23	1,43 ± 0,23	0,91
AnIs (mm)	11	1,12 ± 0,32	1,16 ± 0,2	0,9549
AnIIIsMe (mm)	11	0,8 ± 0,16	0,7 ± 0,09	0,0205
AnIIIsLa (mm)	11	0,59 ± 0,15	0,65 ± 0,14	0,2136
AIIsAP (°)	11	168 ± 1	164 ± 3	0,0001
ATrIs (°)	11	84 ± 5	73 ± 3	< 0,0001

Test estadístico U de Mann-Whitney.

ACE	Ángulo CE	DIIsLM	Distancia Isquion a Línea Media
AInAc	Ángulo Inclinación Acetabular	DBAc	Distancia Bi-acetabular
AInAcMo	Angulo Inclinación Acetabular Modificado	DBIs	Distancia Bi-isquiática
InAc	Índice Acetabular	AnPAc	Anchura Pared Acetabular
ObTAc	Oblicuidad Techo Acetabular	AnTr	Anchura Trasfondo
Ate	Ángulo del Techo	AnIl	Anchura Iliaco
InExAc	Índice de Extrusión Acetabular	AnIs	Anchura Isquion
LoIl	Longitud Ilion	AnIIIsMe	Anchura Ilion-Isquion Medial
LoIs	Longitud Isquion	AnIIIsLa	Anchura Ilion-Isquion Lateral
DBI	Distancia Bi-iliaca	AIIsAP	Angulo Ilion-Isquion AP
DIILM	Distancia Ilion a Línea Media	ATrIs	Angulo trirradiado Isquion

TABLA VI. Resultados de los parámetros radiológicos valorados en la proyección AP de la pelvis a las dos semanas post-ensayo.

Parámetro	n	Lado Derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado Izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
ACE (°)	12	NV	NV	-
AInAc (°)	12	76 ± 1	80 ± 1	0,0022
AInAcMo (°)	12	102 ± 1	97 ± 3	0,0087
InAc (%)	12	32,79 ± 2,79	29,12 ± 4,51	0,1320
ObTAc (°)	12	48 ± 3	64 ± 8	0,0046
Ate (°)	12	118 ± 6	135 ± 11	0,0152
InExAc (%)	12	65,03 ± 16,1	6,53 ± 4,54	0,0022
LoIl (mm)	12	14,77 ± 0,88	14,74 ± 0,67	0,9372
LoIs (mm)	12	11,19 ± 0,97	11,02 ± 0,81	0,8182
DBI (mm)	12	11,42 ± 1,4	11,37 ± 1,38	0,8182
DIILM (mm)	12	5,83 ± 0,76	5,54 ± 0,66	0,5887
DIILM (mm)	12	4,54 ± 0,43	5,8 ± 0,5	0,0022
DBAc (mm)	12	6,94 ± 0,48	6,87 ± 0,45	0,8182
DBIs (mm)	12	10,05 ± 0,64	10,16 ± 0,73	0,6991
AnPAc (mm)	12	0,9 ± 0,19	0,84 ± 0,19	0,9372
AnTr (mm)	12	0,68 ± 0,09	2,37 ± 0,39	< 0,0001
AnIl (mm)	12	1,68 ± 0,14	1,73 ± 0,23	0,8182
AnIs (mm)	12	1,38 ± 0,15	1,37 ± 0,28	0,8182
AnIIIsMe (mm)	12	0,8 ± 0,09	0,68 ± 0,04	0,0173
AnIIIsLa (mm)	12	0,79 ± 0,11	0,67 ± 0,17	0,3095
AIIIsAP (°)	12	168 ± 3	155 ± 2	0,0022
ATrIs (°)	12	83 ± 5	70 ± 1	0,0022

Test estadístico U de Mann-Whitney.

NV: no valorable

ACE	Ángulo CE	DIILM	Distancia Isquion a Línea Media
AInAc	Ángulo Inclinación Acetabular	DBAc	Distancia Bi-acetabular
AInAcMo	Ángulo Inclinación Acetabular Modificado	DBIs	Distancia Bi-isquiática
InAc	Índice Acetabular	AnPAc	Anchura Pared Acetabular
ObTAc	Oblicuidad Techo Acetabular	AnTr	Anchura Trasfondo
Ate	Ángulo del Techo	AnIl	Anchura Iliaco
InExAc	Índice de Extrusión Acetabular	AnIs	Anchura Isquion
LoIl	Longitud Ilion	AnIIIsMe	Anchura Ilion-Isquion Medial
LoIs	Longitud Isquion	AnIIIsLa	Anchura Ilion-Isquion Lateral
DBI	Distancia Bi-iliaca	AIIIsAP	Ángulo Ilion-Isquion AP
DIILM	Distancia Ilion a Línea Media	ATrIs	Ángulo trirradiado Isquion

TABLA VII. Resultados de los parámetros radiológicos valorados en la proyección axial de la pelvis a los 4 días post-ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
AnAgObAx (mm)	11	0 ± 0	$0,09 \pm 0,13$	0,1949
AnRAx (mm)	11	$0,65 \pm 0,08$	$1,24 \pm 0,29$	<0,0001
AanAc_S (°)	11	73 ± 3	77 ± 6	0,0650
ARAx (°)	11	66 ± 6	78 ± 7	0,0047

Test estadístico U de Mann-Whitney.

TABLA VIII. Resultados de los parámetros radiológicos valorados en la proyección axial de la pelvis a una semana post-ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
AnAgObAx (mm)	11	$0,18 \pm 0,27$	$0,35 \pm 0,67$	0,6665
AnRAx (mm)	11	$1,00 \pm 0,44$	$1,35 \pm 0,69$	0,1359
AanAc_S (°)	11	72 ± 5	81 ± 7	0,0188
ARAx (°)	11	66 ± 6	77 ± 8	0,0099

Test estadístico U de Mann-Whitney.

TABLA XIX. Resultados de los parámetros radiológicos valorados en la proyección axial de la pelvis a dos semanas post-ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
AnAgObAx (mm)	11	$0,24 \pm 0,28$	$1,05 \pm 1,03$	0,0106
AnRAx (mm)	11	$1,04 \pm 0,42$	$1,38 \pm 0,66$	0,1615
AanAc_S (°)	11	70 ± 3	80 ± 7	0,0040
ARAx (°)	11	65 ± 6	78 ± 8	0,0104

Test estadístico U de Mann-Whitney.

AnAgObAx	Anchura Agujero Obturador en proyección axial
AnRAx	Anchura rama en proyección axial
AanAc_S	Angulo de anteversión acetábulo-sacro
ARAx	Angulo rama en proyección axial

TABLA X. Resultados de los parámetros radiológicos valorados en la proyección AP del fémur a los 4 días post-ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
AlTM (mm)	11	1,17 \pm 0,19	1,2 \pm 0,18	0,6522
AlTMCu (mm)	11	1,48 \pm 0,07	1,45 \pm 0,1	0,0939
AlTMCa (mm)	11	1,12 \pm 0,07	0,95 \pm 0,14	0,0041
AnCe (mm)	11	2,11 \pm 0,23	1,91 \pm 0,21	0,04
AnCuM (mm)	11	1,71 \pm 0,2	1,53 \pm 0,14	0,04
LoLCu (mm)	11	1,05 \pm 0,09	1,14 \pm 0,11	0,2169
LoMCu (mm)	11	1,78 \pm 0,1	1,66 \pm 0,15	0,0473
ACC (°)	11	114 \pm 3	113 \pm 3	0,6063
ACD (°)	11	123 \pm 3	129 \pm 2	0,001
AEp (°)	11	111 \pm 3	107 \pm 9	0,1014
AnMePr (mm)	11	2,5 \pm 0,29	2,3 \pm 0,15	0,1014
AnMeDi (mm)	11	4,44 \pm 0,47	4,42 \pm 0,56	0,7477
AnD (mm)	11	2,17 \pm 0,19	2,32 \pm 0,19	0,0473
LoFe (mm)	11	19,13 \pm 1,06	19,01 \pm 1,06	0,6994

Test estadístico U de Mann-Whitney.

TABLA XI. Resultados de los parámetros radiológicos valorados en la proyección AP del fémur a la semana ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
AlTM (mm)	11	1,43 \pm 0,16	1,45 \pm 0,16	0,7477
AlTMCu (mm)	11	1,76 \pm 0,16	1,87 \pm 0,15	0,1014
AlTMCa (mm)	11	1,29 \pm 0,11	1,29 \pm 0,27	0,8977
AnCe (mm)	11	2,47 \pm 0,13	2 \pm 0,17	< 0,0001
AnCuM (mm)	11	1,84 \pm 0,12	1,42 \pm 0,17	< 0,0001
LoLCu (mm)	11	0,98 \pm 0,13	1,03 \pm 0,23	0,519
LoMCu (mm)	11	1,86 \pm 0,06	1,68 \pm 0,15	0,0229
ACC (°)	11	117 \pm 7	111 \pm 7	0,0879

Tablas

ACD (°)	11	123 ± 3	129 ± 8	0,0083
AEp (°)	11	105 ± 4	107 ± 10	0,1014
AnMePr (mm)	11	3,04 ± 0,23	2,89 ± 0,21	0,1932
AnMeDi (mm)	11	4,62 ± 0,31	4,8 ± 0,22	0,1014
AnD (mm)	11	2,29 ± 0,18	2,60 ± 0,29	0,0185
LoFe (mm)	11	21,07 ± 0,66	21,07 ± 0,59	0,9487

Test estadístico U de Mann-Whitney.

TABLA XII. Resultados de los parámetros radiológicos valorados en la proyección AP del fémur a las dos semanas ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
AITM (mm)	12	1,4 ± 0,17	1,4 ± 0,24	0,9081
AITMCu (mm)	12	1,80 ± 0,17	1,97 ± 0,24	0,0531
AITMCA (mm)	12	1,35 ± 0,15	1,69 ± 0,25	0,0008
AnCe (mm)	12	2,56 ± 0,28	1,67 ± 0,28	0,0001
AnCuM (mm)	12	2,07 ± 0,24	1,38 ± 0,20	0,0001
LoLCu (mm)	12	1,05 ± 0,14	0,73 ± 0,25	0,0111
LoMCu (mm)	12	2,13 ± 0,24	1,62 ± 0,36	0,0015
ACC (°)	12	115 ± 4	121 ± 6	0,0079
ACD (°)	12	122 ± 2	127 ± 3	0,0022
AEp (°)	12	109 ± 6	100 ± 11	0,0032
AnMePr (mm)	12	3,04 ± 0,24	2,72 ± 0,32	0,0262
AnMeDi (mm)	12	4,57 ± 0,38	4,09 ± 0,32	0,0094
AnD (mm)	12	2,19 ± 0,20	2,36 ± 0,18	0,0496
LoFe (mm)	12	22,65 ± 1,5	22,48 ± 1,51	0,7950

Test estadístico U de Mann-Whitney.

AITM	Altura TM	ACC	Angulo Cérvido-Cefálico
AITMCu	Altura Trocánter Mayor a Cuello	ACD	Angulo Cérvido-Diafisario
AITMCA	Altura TM a Cabeza (vertical)	AEp	Angulo Epifisario
AnCe	Anchura cefálica (más larga)	AnMePr	Anchura Metáfisis Proximal
AnCuM	Anchura Cuello Medio	AnMeDi	Anchura Metáfisis Distal
LoLCu	Longitud Lateral del Cuello	AnD	Anchura Diáfisis
LoMCu	Longitud Medial del Cuello	LoFe	Longitud Femoral

TABLA XIII. Resultados de los parámetros radiológicos valorados en la proyección AP de la hemipelvis a los cuatro días post-ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
LoH (mm)	11	21,81 \pm 1,38	21,94 \pm 1,38	0,7394
AllPo (°)	11	81 \pm 0	80 \pm 1	0,1713
AllAn (°)	11	94 \pm 2	96 \pm 1	0,0759
AnIIIs (mm)	11	0,62 \pm 0,04	0,59 \pm 0,05	0,1713
AnIIPu (mm)	11	0,67 \pm 0,06	0,66 \pm 0,07	0,6063
AnIsPu (mm)	11	0,55 \pm 0,07	0,5 \pm 0,05	0,2169
LoIIAn (mm)	11	12,22 \pm 0,84	12,18 \pm 0,77	0,7477
LoIs (mm)	11	8,94 \pm 0,49	9 \pm 0,57	0,6842
AIIsPo (°)	11	103 \pm 2	103 \pm 5	0,8977
LoPu (mm)	11	7,47 \pm 0,33	7,4 \pm 0,28	0,7394
APuAn (°)	11	87 \pm 4	89 \pm 4	0,3
AIIs (°)	11	173 \pm 1	171 \pm 7	0,5787
AllPu (°)	11	151 \pm 1	152 \pm 7	0,7394
DOMa (mm)	11	5,94 \pm 0,27	6,01 \pm 0,29	0,4813
Dome (mm)	11	3,21 \pm 0,21	3,17 \pm 0,24	0,7959

Test estadístico U de Mann-Whitney.

TABLA XIV. Resultados de los parámetros radiológicos valorados en la proyección AP de la hemipelvis a la semana post-ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
LoH (mm)	11	24,56 \pm 0,95	24,74 \pm 0,84	0,6522
AllPo (°)	11	82 \pm 3	81 \pm 2	0,8977
AllAn (°)	11	94 \pm 1	96 \pm 2	0,0652
AnIIIs (mm)	11	0,42 \pm 0,06	0,42 \pm 0,05	0,6522
AnIIPu (mm)	11	0,45 \pm 0,09	0,36 \pm 0,06	0,0652
AnIsPu (mm)	11	0,4 \pm 0,06	0,34 \pm 0,06	0,0233
LoIIAn (mm)	11	13,92 \pm 0,49	13,93 \pm 0,53	0,8977
LoIs (mm)	11	10,25 \pm 0,52	10,28 \pm 0,45	0,7477
AIIsPo (°)	11	106 \pm 2	104 \pm 1	0,0083
LoPu (mm)	11	8,39 \pm 0,42	8,4 \pm 0,29	0,847
APuAn (°)	11	113 \pm 3	114 \pm 2	0,4385
AIIs (°)	11	171 \pm 1	173 \pm 2	0,5787

Tablas

AIIPu (°)	11	153 ± 2	149 ± 4	0,0652
DOMa (mm)	11	6,65 ± 0,32	6,77 ± 0,23	0,2169
Dome (mm)	11	3,61 ± 0,22	3,61 ± 0,2	0,7969

Test estadístico U de Mann-Whitney.

TABLA XV. Resultados de los parámetros radiológicos valorados en la proyección AP de la hemipelvis a las dos semanas post-ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
LoH (mm)	12	26,03 ± 1,83	26,07 ± 1,90	1,0000
AIIPo (°)	12	84 ± 2	82 ± 2	0,2727
AIAn (°)	12	94 ± 2	94 ± 2	0,6861
AnIIs (mm)	12	0,54 ± 0,13	0,46 ± 0,12	0,1749
AnIIPu (mm)	12	0,56 ± 0,10	0,41 ± 0,11	0,0051
AnIsPu (mm)	12	0,53 ± 0,13	0,37 ± 0,15	0,0295
LoIAn (mm)	12	14,60 ± 1,32	14,48 ± 1,33	0,8174
LoIs (mm)	12	10,58 ± 0,68	10,35 ± 0,83	0,4529
AIIPo (°)	12	106 ± 1	103 ± 2	0,0288
LoPu (mm)	12	8,83 ± 0,73	8,64 ± 0,78	0,2482
APuAn (°)	12	112 ± 3	113 ± 3	0,6033
AIIs (°)	12	169 ± 3	169 ± 3	0,5637
AIIPu (°)	12	151 ± 3	150 ± 3	0,8625
DOMa (mm)	12	6,94 ± 0,60	6,92 ± 0,73	0,9310
Dome (mm)	12	3,65 ± 0,48	3,49 ± 0,40	0,3708

Test estadístico U de Mann-Whitney.

LoH	Longitud Hemipelvis	AIIPo	Angulo Isquion Posterior
AIIPo	Angulo Ilion Posterior	LoPu	Longitud Pubis
AIAn	Angulo Ilion Anterior	APuAn	Angulo Pubis Anterior
AnIIs	Anchura Ilion-Isquion: trirradiado	AIIs	Angulo Ilion-Isquion
AnIIPu	Anchura Ilion-Pubis: trirradiado	AIIPu	Angulo Ilion-Pubis
AnIsPu	Anchura Isquion-Pubis: trirradiado	DOMa	Diámetro Obturador Mayor
LoIAn	Longitud Ilion Anterior	Dome	Diámetro Obturador Menor
LoIs	Longitud Isquion		

TABLA XVI. Resultados de los parámetros macroscópicos valorados en el acetábulo a los 4 días post-ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
AlCo (mm)	11	$2,7 \pm 0,13$	$2,71 \pm 0,18$	0,7477
AnCo (mm)	11	$3,22 \pm 0,23$	$3,03 \pm 0,15$	0,0473
EjMCo (mm)	11	$3,35 \pm 0,21$	$3,04 \pm 0,17$	0,001
LoLR (mm)	11	$1,76 \pm 0,17$	$1,64 \pm 0,21$	0,1513
AnLR (mm)	11	$0,17 \pm 0,04$	$0,21 \pm 0,05$	0,0879
LoCoRe (mm)	11	$1,92 \pm 0,19$	$2,27 \pm 0,31$	0,0032
LoCoAg (mm)	11	$1,25 \pm 0,07$	$1,47 \pm 0,15$	0,0001
PeCo (mm)	11	$9,45 \pm 0,45$	$8,86 \pm 0,48$	0,0066
ArCo (mm ²)	11	$7,5 \pm 0,69$	$6,34 \pm 0,74$	0,0008
AnIs (mm)	11	$3,04 \pm 0,22$	$2,93 \pm 0,21$	0,2426
AnPu (mm)	11	$1,66 \pm 0,26$	$1,7 \pm 0,25$	0,7969
AnLT (mm)	11	$0,23 \pm 0,05$	$0,38 \pm 0,09$	0,0001

Test estadístico U de Mann-Whitney.

TABLA XVII. Resultados de los parámetros macroscópicos valorados en el acetábulo a la semana post-ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
AlCo (mm)	11	$3,13 \pm 0,09$	$2,65 \pm 0,15$	< 0,0001
AnCo (mm)	11	$3,4 \pm 0,31$	$2,97 \pm 0,25$	0,0024
EjMCo (mm)	11	$3,4 \pm 0,19$	$2,93 \pm 0,17$	< 0,0001
LoLR (mm)	11	$2,22 \pm 0,45$	$2,03 \pm 0,44$	0,5619
AnLR (mm)	11	$0,27 \pm 0,09$	$0,26 \pm 0,05$	0,9487
LoCoRe (mm)	11	$2,19 \pm 0,26$	$2,5 \pm 0,22$	0,0052
LoCoAg (mm)	11	$1,36 \pm 0,17$	$1,79 \pm 0,12$	< 0,0001
PeCo (mm)	11	$10,54 \pm 0,53$	$10,09 \pm 0,50$	< 0,0001
ArCo (mm ²)	11	$8,64 \pm 0,95$	$6,41 \pm 0,94$	0,0002
AnIs (mm)	11	$3,31 \pm 0,20$	$3,15 \pm 0,12$	0,3176
AnPu (mm)	11	$1,62 \pm 0,17$	$1,66 \pm 0,22$	0,7477
AnLT (mm)	11	$0,27 \pm 0,04$	$0,42 \pm 0,03$	< 0,0001

Test estadístico U de Mann-Whitney.

TABLA XVIII. Resultados de los parámetros macroscópicos valorados en el acetábulo a las dos semanas post-ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
AlCo (mm)	11	3,02 ± 0,17	2,67 ± 0,62	0,0327
AnCo (mm)	11	3,44 ± 0,18	2,59 ± 0,42	0,0001
EjMCo (mm)	11	3,42 ± 0,17	2,81 ± 0,75	0,0243
LoLR (mm)	11	1,16 ± 0,22	1,53 ± 0,34	0,0079
AnLR (mm)	11	1,05 ± 0,17	1,07 ± 0,13	0,6442
LoCoRe (mm)	11	2,24 ± 0,19	2,63 ± 0,27	0,0021
LoCoAg (mm)	11	1,4 ± 0,20	2,31 ± 0,31	0,0001
PeCo (mm)	11	10,09 ± 0,50	9,19 ± 1,77	0,0433*
ArCo (mm ²)	11	8,23 ± 0,83	6,21 ± 1,95	0,0153**
AnIs (mm)	11	3,33 ± 0,22	3,21 ± 0,21	0,2475
AnPu (mm)	11	1,71 ± 0,27	1,63 ± 0,18	0,4357
AnLT (mm)	11	0,35 ± 0,10	0,74 ± 0,17	0,0001

Test estadístico U de Mann-Whitney.

*: si se utiliza el perímetro exterior la P = 0,0001

**: si se utiliza el perímetro interior la P = 0,0001

AlCo	Altura del Cotilo
AnCo	Anchura del Cotilo
EjMCo	Eje Mayor del Cotilo
LoLR	Longitud del Ligamento Redondo
AnLR	Anchura del Ligamento Redondo
LoCoRe	Longitud desde Cotilo a Reborde anterior
LoCoAg	Longitud desde Cotilo a Agujero obturador
PeCo	Perímetro del Cotilo
ArCo	Área del Cotilo
AnIs	Anchura del Isquion
AnPu	Anchura del Pubis
AnLT	Anchura del Ligamento Trasverso

Tablas

TABLA XIX. Resultados de parámetros macroscópicos valorados en la hemipelvis a los 4 días post-ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
LoHe (mm)	11	25,02 \pm 2,46	24,88 \pm 1,9	0,847
LoMaAg (mm)	11	5,59 \pm 0,55	5,44 \pm 0,28	0,6994
LomeAg (mm)	11	3,11 \pm 0,24	3,09 \pm 0,2	1
AllCeIs (°)	11	165 \pm 1	162 \pm 2	0,9487
AllCePu (°)	11	123 \pm 2	127 \pm 4	0,0066
APuCeIs (°)	11	69 \pm 1	68 \pm 3	0,6063
AllIs (°)	11	177 \pm 2	175 \pm 1	0,0158
AllPu (°)	11	152 \pm 3	152 \pm 3	0,7969
DagAc (mm)	11	1,43 \pm 0,18	1,66 \pm 0,14	0,0052
LoIsPu (mm)	11	9,65 \pm 1,03	9,72 \pm 0,83	0,5619
AnIs (mm)	11	2,92 \pm 0,27	2,98 \pm 0,2	0,4385
AnPu (mm)	11	1,51 \pm 0,19	1,49 \pm 0,29	0,7477
Ala (mm)	11	177 \pm 1	173 \pm 3	0,0147
AnMIs (mm)	11	5,07 \pm 0,59	5,07 \pm 0,59	0,4385

Test estadístico U de Mann-Whitney.

TABLA XX. Resultados de parámetros macroscópicos valorados en la hemipelvis a la semana post-ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
LoHe (mm)	11	26,97 \pm 0,97	29,13 \pm 2,51	0,4385
LoMaAg (mm)	11	6,26 \pm 0,22	6,44 \pm 0,26	0,0759
LomeAg (mm)	11	3,47 \pm 0,24	3,47 \pm 0,24	0,4009
AllCeIs (°)	11	166 \pm 2	166 \pm 3	0,8977
AllCePu (°)	11	123 \pm 2	123 \pm 5	0,7477
APuCeIs (°)	11	68 \pm 3	69 \pm 3	0,7969
AllIs (°)	11	176 \pm 3	175 \pm 2	0,1932
AllPu (°)	11	152 \pm 3	149 \pm 4	0,3316
DagAc (mm)	11	1,66 \pm 0,12	1,82 \pm 0,15	0,0158
LoIsPu (mm)	11	10,4 \pm 0,42	10,22 \pm 0,51	0,3653
AnIs (mm)	11	3,16 \pm 0,2	3,24 \pm 0,16	0,2426

Tablas

AnPu (mm)	11	$1,58 \pm 0,27$	$1,67 \pm 0,28$	0,8977
Ala (mm)	11	NV	NV	-
AnMIs (mm)	11	$5,2 \pm 0,29$	$5,24 \pm 0,41$	0,7477

Test estadístico U de Mann-Whitney.

TABLA XXI. Resultados de parámetros macroscópicos valorados en la hemipelvis a las dos semanas post-ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
LoHe (mm)	12	$29,13 \pm 2,51$	$29,23 \pm 2,61$	0,795
LoMaAg (mm)	12	$6,57 \pm 0,79$	$6,61 \pm 0,99$	1
LomeAg (mm)	12	$3,65 \pm 0,42$	$3,48 \pm 0,55$	0,4189
AllCeIs (°)	12	152 ± 4	156 ± 4	0,4884
AllCePu (°)	12	114 ± 2	120 ± 3	0,0010
APuCeIs (°)	12	71 ± 3	67 ± 2	0,0032
AllIs (°)	12	173 ± 2	172 ± 2	0,6442
AllPu (°)	12	152 ± 4	149 ± 4	0,2703
DagAc (mm)	12	$1,63 \pm 0,25$	$2,28 \pm 0,46$	0,0002
LoIsPu (mm)	12	$10,77 \pm 1,04$	$10,67 \pm 0,97$	0,954
AnIs (mm)	12	$3,35 \pm 0,25$	$3,25 \pm 0,2$	0,2145
AnPu (mm)	12	$1,67 \pm 0,28$	$1,64 \pm 0,24$	0,729
Ala (mm)	12	177 ± 2	165 ± 4	< 0,0001
AnMIs (mm)	12	$5,31 \pm 0,46$	$5,39 \pm 0,5$	0,5254

Test estadístico U de Mann-Whitney.

LoHe	Longitud de la Hemipelvis
LoMaAg	Longitud Mayor del Agujero obturador
LomeAg	Longitud Menor del Agujero obturador
AllCels	Angulo Ilion-Centro-Isquiático
AllCePu	Angulo Ilion-Centro-Púbico
APuCeIs	Angulo Pubico-Centro-Isquiático
AllIs	Angulo Ilio-Isquiático
AllPu	Angulo Ilio-Púbico
DAGAc	Distancia Agujero obturador a Acetábulo
LoIsPu	Longitud Isquio-Pública
AnIs	Anchura Isquion
AnPu	Anchura Pubis
Ala	Angulo Lateral
AnMIs	Anchura Máxima Isquiática

TABLA XXII. Resultados de los parámetros macroscópicos valorados en la cara anterior de la epífisis proximal del fémur a los 4 días post-ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
AlCaAn	11	$2,06 \pm 0,13$	$2,46 \pm 0,25$	0,0004
ArCaAn	11	$5,37 \pm 0,69$	$5,37 \pm 0,82$	0,7969
AnCaAn	11	$3,06 \pm 0,23$	$2,88 \pm 0,19$	0,0652
AnCuAn	11	$2,66 \pm 0,21$	$2,42 \pm 0,17$	0,0104
DiTMCaAn	11	$0,81 \pm 0,58$	$0,69 \pm 0,19$	0,847
AnFeCu	11	$4,05 \pm 0,24$	$3,8 \pm 0,21$	0,0557
ACDAn	11	$125,98 \pm 3,00$	$127,55 \pm 3,01$	0,0002

Test estadístico U de Mann-Whitney.

TABLA XXIII. Resultados de los parámetros macroscópicos valorados en la cara anterior de la epífisis proximal del fémur a la semana post-ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
AlCaAn	11	$2,55 \pm 0,33$	$2,38 \pm 0,21$	0,4779
ArCaAn	11	$7,14 \pm 1,35$	$5,41 \pm 0,59$	0,0003
AnCaAn	11	$3,41 \pm 0,2$	$2,89 \pm 0,11$	< 0,0001
AnCuAn	11	$2,92 \pm 0,28$	$2,29 \pm 0,23$	< 0,0001
DiTMCaAn	11	$0,63 \pm 0,1$	$0,82 \pm 0,26$	0,0433
AnFeCu	11	$4,25 \pm 0,27$	$3,79 \pm 0,31$	0,0052
ACDAn	11	$127,55 \pm 3,01$	$123,08 \pm 3,61$	0,0066

Test estadístico U de Mann-Whitney.

TABLA XXIV. Resultados de los parámetros macroscópicos valorados en la cara anterior de la epífisis proximal del fémur a las dos semanas post-ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
AlCaAn	12	$2,38 \pm 0,24$	$1,89 \pm 0,37$	0,0031
ArCaAn	12	$6,6 \pm 0,78$	$4,43 \pm 1$	0,0002
AnCaAn	12	$3,33 \pm 0,19$	$2,89 \pm 0,26$	0,0008
AnCuAn	12	$2,82 \pm 0,21$	$2,31 \pm 0,25$	0,0003

Tablas

DiTMCaAn	12	$0,8 \pm 0,19$	$1,24 \pm 0,42$	0,0022
AnFeCu	12	$4,12 \pm 0,31$	$3,79 \pm 0,41$	0,0433
ACDAn	12	$123,28 \pm 2,42$	$123,24 \pm 5,18$	0,7728

Test estadístico U de Mann-Whitney.

AlCaAn	Altura Cabeza Anterior
ArCaAn	Área Cabeza Anterior
AnCaAn	Anchura Cabeza Anterior
AnCuAn	Anchura Cuello Anterior
DiTMCaAn	Distancia Trocánter Mayor a Cabeza Anterior
AnFeCu	Anchura del Fémur en Cuello
ACDAn	Angulo Cervico-Diafisario Anterior

TABLA XXV. Resultados de los parámetros macroscópicos valorados en la cara posterior, superior y axial de la epífisis proximal del fémur a los 4 días post-ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
AlCaPo (mm)	11	$1,69 \pm 0,17$	$1,58 \pm 0,24$	0,2169
ArCaPo (mm)	11	$4,83 \pm 0,79$	$4,09 \pm 0,63$	0,0336
AnCaPo (mm)	11	$3,21 \pm 0,19$	$2,96 \pm 0,24$	0,0158
AnCuPo (mm)	11	$2,28 \pm 0,23$	$2,12 \pm 0,22$	0,1014
AlCaTm (mm)	11	$1,86 \pm 0,23$	$1,62 \pm 0,21$	0,0473
AlTMCaPo (mm)	11	$0,48 \pm 0,12$	$0,75 \pm 0,14$	0,001
ACDPo (°)	11	$137,59 \pm 5,54$	$139,48 \pm 4,85$	0,4779
ACarCu (°)	11	74 ± 9	75 ± 13	0,8977
ArCa (mm ²)	11	$17,32 \pm 4,1$	$15 \pm 3,83$	0,0753
ArFo (mm ²)	11	$2,67 \pm 0,80$	$3,11 \pm 1,26$	0,3150
RCaFo	11	$15,02 \pm 1,81$	$20,25 \pm 3,25$	0,0001
AFcuAx (°)	11	160 ± 3	157 ± 5	0,2703
ACuCPo (°)	11	78 ± 6	68 ± 5	0,0019

Test estadístico U de Mann-Whitney.

TABLA XXVI. Resultados de los parámetros macroscópicos valorados en la cara posterior, superior y axial de la epífisis proximal del fémur a la semana post-ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
AlCaPo (mm)	11	1,86 \pm 0,2	1,49 \pm 0,21	0,0019
ArCaPo (mm)	11	5,53 \pm 0,5	4,2 \pm 0,67	0,0001
AnCaPo (mm)	11	3,4 \pm 0,17	3,09 \pm 0,18	0,001
AnCuPo (mm)	11	2,46 \pm 0,16	2,19 \pm 0,24	0,0158
AlCaTm (mm)	11	2,1 \pm 0,13	1,9 \pm 0,21	0,04
AlTMCaPo (mm)	11	0,48 \pm 0,13	0,92 \pm 0,27	0,0012
ACDPo (°)	11	137,98 \pm 2,58	140,98 \pm 3,19	0,0281
ACarCu (°)	11	75 \pm 8	69 \pm 8	0,2169
ArCa (mm ²)	11	25,37 \pm 3,80	19,73 \pm 2,89	0,0041
ArFo (mm ²)	11	3,62 \pm 0,72	4,59 \pm 0,91	0,0115
RCaFo	11	14,77 \pm 1,99	21,90 \pm 3,53	< 0,0001
AFeCuAx (°)	11	160 \pm 6	155 \pm 5	0,1014
ACuCPo (°)	11	76 \pm 4	70 \pm 5	0,0192

Test estadístico U de Mann-Whitney.

TABLA XXVII. Resultados de los parámetros macroscópicos valorados en la cara posterior, superior y axial de la epífisis proximal del fémur a las dos semanas post-ensayo.

Parámetro	n	Lado derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
AlCaPo (mm)	12	1,84 \pm 0,14	1,35 \pm 0,35	0,0008
ArCaPo (mm)	12	5,47 \pm 0,63	3,44 \pm 0,99	0,0001
AnCaPo (mm)	12	3,45 \pm 0,21	2,93 \pm 0,35	0,0012
AnCuPo (mm)	12	2,68 \pm 0,21	1,83 \pm 0,24	< 0,0001
AlCaTm (mm)	12	2,24 \pm 0,31	1,28 \pm 0,44	0,0002
AlTMCaPo (mm)	12	0,52 \pm 0,2	1,48 \pm 0,18	0,0001
ACDPo (°)	12	137,64 \pm 4,14	134,71 \pm 6,26	0,1060
ACarCu (°)	12	67 \pm 5	86 \pm 13	0,0007
ArCa (mm ²)	11	22,64 \pm 4,16	13,56 \pm 4,56	0,0004
ArFo (mm ²)	11	3,39 \pm 0,84	2,88 \pm 0,77	0,1410
RCaFo	11	14,94 \pm 2,58	22,70 \pm 7,39	0,0111
AFeCuAx (°)	11	159 \pm 4	159 \pm 5	0,8625
ACuCPo (°)	11	75 \pm 5	70 \pm 6	0,0243

Test estadístico U de Mann-Whitney.

AlCaPo	Altura Cabeza Posterior
ArCaPo	Área Cabeza Posterior
AnCaPo	Anchura Cabeza Posterior
AnCuPo	Anchura Cuello Posterior
AlCaTm	Altura Cabeza a Trocánter menor
AlTMCaPo	Altura Trocánter Mayor a Cabeza Posterior
ACDPo	Angulo Cervico-Diafisario Posterior
ACarCu	Angulo Cartílago-Cuello
ArCa	Area Cabeza
ArFo	Area Fovea
RCaFo	Relación Cabeza-Fovea
AFeCuAx	Angulo Fémur Cuello Axial
ACuCPo	Angulo Cuello Cartílago Posterior

TABLA XXVIII. ALTERACIONES HISTOLOGICAS EN EL GRUPO DE ENSAYO DE CUATRO DÍAS COMPARADOS CON EL GRUPO CONTROL.

Parámetro	p (*)
Hipertrofia del labrum del isquion	0,0001
Amplias luces vasculares	0,0419
Disminución del tejido graso	0,0167
Colagenosis subsinovial	0,0001
Rotación del isquion	0,0419
Fibrosis del periostio del ilion:	0,0419
Disminución del alineamiento osteoblástico	0,0060

(*) Prueba estadística de Chi cuadrado.

Tablas

TABLA XXIX. Mediciones (en micras) de las preparaciones histológicas en el grupo de una semana.

Parámetro	Lado Derecho $\bar{X} \pm DS$	Lado Izquierdo $\bar{X} \pm DS$	p
Longitud Reborde ilion altura (μ)	617 \pm 122	740 \pm 235	0,5167
Longitud Reborde ilion Base (μ)	512 \pm 87	495 \pm 160	1
Longitud Reborde isq C base (μ)	705 \pm 97	695 \pm 177	0,8763
Longitud Reborde isq C lado (μ)	457 \pm 205	487 \pm 145	0,7551
Longitud Reborde isq C techo (μ)	432 \pm 92	502 \pm 112	0,3434
Longitud Reborde isquion altura (μ)	862 \pm 247	752 \pm 202	0,4318
Area trapezio labrum (μ^2)	90827 \pm 40397	124687 \pm 33045	0,3524
Area triángulo labrum (μ^2)	647 \pm 102	627 \pm 90	0,8763
Altura Cartílago ilion isquion Total (μ)	605 \pm 177	430 \pm 97	0,0251
Altura Cartílago isquio púbico Total (μ)	405 \pm 37	425 \pm 225	0,5287
Altura Placa isquion (μ)	135 \pm 30	127 \pm 15	0,607
Altura Placa pubis (μ)	130 \pm 15	130 \pm 17	0,9048
Altura Fisis ilion (μ)	175 \pm 12	132 \pm 27	0,0016
Altura Fisis pubis (μ)	197 \pm 40	157 \pm 10	0,0317
Altura Superficie articular pubis (μ)	182 \pm 65	115 \pm 27	0,1143
Ancho hueso isquion Fondo (μ)	482 \pm 127	295 \pm 77	0,0036
Anchura Cortical externa isquion (μ)	75 \pm 15	35 \pm 12	0,0043
Diámetro vasos (μ)	365 \pm 155	407 \pm 232	0,8857
Area luces vasos (μ^2)	48117 \pm 39260	65185 \pm 61167	0,8857

\bar{X} : Media aritmética. DS: desviación estándar.

Test estadístico U de Mann-Whitney.

Tabla XXX. Medidas del cartílago trirrariado en el grupo de dos semanas.

ZONA	N	CONTROL	ENSAYO
Cartílago Ilion-Isquion (μ)	3	471	647
Placa Ilion (μ)	3	161	157
Placa Isquion (μ)	3	144	145
Cartílago Ilion-Pubis (μ)	3	342	435
Placa Ilion (μ)	3	177	173
Placa pubis (μ)	3	144	124

7. DISCUSIÓN.

Discusión

Este trabajo estudia la patodinamia de la lesión luxante de cadera, en el periodo inicial, en un modelo experimental. El primer objetivo planteado es el estudio del acetábulo y de forma más concreta la región del suelo del acetábulo. Los conocimientos anatómicos y los términos utilizados se apoyan en los empleados en Anatomía Humana^{200,269}, que han sido usados como guía para establecer las comparaciones y diferencias de otras estructuras.

En primer lugar, se ha estudiado la anatomía de la rata. Al analizar el acetábulo de la rata, hemos encontrado que presenta un gran número de similitudes con el humano tanto en la forma como en los componentes. Se observa una cavidad superficial, denominada cotilo o acetábulo, rodeada en la zona superficial por el labrum. La superficie interna del acetábulo está constituida por la unión de tres zonas articulares que confluyen para formar la superficie articular (*facies lunata* en el humano). Estas son las facetas articulares de los tres huesos del coxal o hueso innominado. En el acetábulo se distinguen cuatro regiones de gran interés en Cirugía Ortopédica, que ayudan a describir las lesiones internas del cotilo y en nuestro caso de la lesión luxante de cadera: a) techo o parte superior, formada por el ilion, b) pared anterior, formada por el ilion y el pubis, c) pared posterior, formada por el ilion y el isquion, y d) suelo, formado por el isquion y el pubis. En el acetábulo, se distinguen dos cavidades. Una externa o articular, constituida por los elementos antes citados, y una cavidad profunda o trasfondo, que no articula, ocupada por el pulvinar y el ligamento redondo.

En la formación del suelo del cotilo participan la faceta inferior del isquion, parte de la faceta del pubis, el techo del canal isquio-pubiano, fibras del ligamento redondo y el ligamento transverso. En el análisis del suelo del acetábulo, hemos encontrado la íntima relación entre el ligamento redondo, el ligamento transverso y el isquion que comparten una relación anatómica muy estrecha^{45,269,232}.

Sin embargo, en una disección más detenida del suelo del cotilo hemos observado la existencia de una estructura situada en el reborde del isquion en su parte

Discusión

intra-articular y que a modo de alero se extiende cubriendo parte del techo del canal isquio-púbico. Es una estructura de color blanco nacarado en forma de semiluna o en C con la apertura a posterior en el reborde citado del isquion y que sobrepasa dicho borde, sin solución de continuidad en la zona más externa con el ligamento transversal y que recibe algunas fibras en su zona más interna del ligamento redondo.

La estructura en semiluna o en C tiene consistencia blanda y se desplaza de manera pasiva y al traccionar el ligamento redondo. Además es una estructura que puede ser individualizada y disecada con la superficie articular isquiática. Es una estructura que se encuentra entre la cavidad del cotilo y el trasfondo del cotilo. Esta estructura amplía la superficie articular del isquion y colabora a la mejor adaptación de la cabeza femoral y forma parte del techo del canal isquio-púbico. El borde periférico es fino, convexo y libre mientras que su zona interna o cóncava está completamente unida al borde periférico del isquion, sin solución de continuidad con la superficie articular del isquion. La superficie craneal de la estructura en semiluna es cóncava y está en contacto con la superficie articular de la cabeza femoral, y la superficie distal es convexa y está adyacente al ligamento redondo.

En el estudio histológico se observa que esta estructura está constituida por tejido fibrocartilaginoso y que se continua sin solución de continuidad con el cartílago de la superficie articular del isquion, aumentando el área de tejido articular con la cabeza femoral en esta zona limitante entre ambas cavidades (cotilo y trasfondo). Ambos tejidos se diferencian claramente por la arquitectura tisular, anisotrópica en el cartílago articular e isotrópica en el tejido fibrocartilaginoso en el que además se observa en la zona más superficial fibras de tejido fibro-conjuntivo ricas en colágeno, como se observa en la refringencia tras la tinción con rojo Sirio.

La continuación de esta estructura en semiluna o en C con la superficie articular del isquion podía sugerir en un principio que fuese una estructura semejante a un labrum, situado en el interior de la cavidad. Sin embargo, el hecho de que, a) en la región articular interna de los otros dos huesos no se observa algo parecido y, b) la

Discusión

circunstancia de participar anatómica y funcionalmente en delimitar espacios dentro de la cavidad articular, y a su vez participar en ampliar y facilitar el desplazamiento de la cabeza del fémur, sugería que era una estructura de otra naturaleza. Desconocemos la naturaleza de esta estructura y su descripción en la literatura revisada.

Esta estructura fibrocartilaginosa en semiluna se identifica en la rata y se puede individualizar mediante disección durante las primeras semanas de vida, pero a partir de la sexta semana aumentaba la rigidez y era muy difícil disecarla. Por lo tanto, nos encontramos con una estructura anatómica diferente a la superficie articular del isquion, que amplía su superficie y que facilita el deslizamiento de la cabeza femoral. Nos planteamos como denominarla dado que tiene similitudes morfológicas y funcionales, al menos parcialmente con la de un menisco^{62,181}, y la denominamos estructura meniscoide de la cadera.

Analizamos en la literatura si existen estructuras como la que describimos y que se parecieran a un menisco¹⁸¹ pero sin cumplir todas sus características.

Así, encontramos varias estructuras con función similar en la anatomía humana que han sido definidas como “meniscoides” debidas a su aspecto similar al de un menisco, con parecidas características funcionales e histológicas, pero sin estar tan independizada como ocurre, por ejemplo, con el menisco de la rodilla¹⁸¹. En la muñeca, se ha descrito el fibro-cartílago triangular, constituido por tejido fibroso con células condrales que se extiende desde el cúbito hasta la primera fila de los huesos del carpo, de modo que funcionalmente se dispone entre el piramidal y el semilunar separándolo del cúbito^{186,200,269}. Milz (2007) establece que coexiste en el ligamento un disco articular con un “homólogo meniscal” que amplía la superficie de contacto del carpo. La separación entre ambas estructuras es imperceptible aunque histológicamente el “homólogo meniscal” es fibroso en su cara ulnar y fibro-cartilaginosa en la superficie radial. En la columna vertebral de humanos, se ha descrito un “meniscoide” que se sitúa en la articulación vertebral posterior de modo que su base se dispone apoyada en la cápsula articular y su extremo libre se dirige hacia la luz articular^{76,77,90,91}. Este

Discusión

meniscoide de la columna está constituido por tejido fibro-graso con terminaciones nerviosas y su presencia ha sido implicada como entidad etiológica de cuadros de lumbalgia. En el codo también se ha descrito una estructura meniscoide similar al menisco, interpuesta entre la cabeza radial y el *capitellum* humeral, formada por tejido fibro-graso⁷⁹ y su presencia ha sido implicada como causa de dolor, bloqueos y chasquidos en el codo¹⁸⁰.

El análisis histológico de los cortes seriados del acetábulo de la rata en varios periodos de tiempo nos confirman los hallazgos macroscópicos. En efecto, al realizar cortes perpendiculares a la superficie articular del isquion, podemos observar que aparece una prolongación de su superficie articular de naturaleza fibrocartilaginosa que aumenta la zona de contacto con la cabeza femoral y que participa en formar el techo del canal isquio-púbico. Si el corte histológico es tangencial (o paralelo) a la superficie articular, nos encontramos con una superficie isquiática rodeada del tejido fibrocartilaginoso perfectamente delimitado de la superficie de cartílago y que amplía la superficie original. El ligamento redondo se observa adyacente a la estructura meniscoide, de tal manera que a veces podría parecer continuación de la estructura pero siempre se comprueba que son tejidos individualizados, aunque íntimamente relacionados.

La relación espacial y funcional entre la estructura meniscoide, el ligamento redondo y el ligamento transversal nos sugiere que constituyen un sistema o complejo que puede tener un papel en la anatomía de la cadera, de igual manera que los meniscos de la rodilla humana se relacionan con las estructuras ligamentosas adyacentes¹⁸¹ tanto en el espacio como con las cargas fisiológicas a las que están sujetas.

La existencia de esta estructura meniscoide de la cadera que acabamos de describir con sus peculiares características anatómicas, histológicas y funcionales nos ha llevado a buscarla en otros animales y en el ser humano, con vistas a conocer si pudiera corresponder a una característica homóloga, a ser una estructura análoga o ser un resto

Discusión

atávico anatómico o ser sólo una peculiaridad del animal que hemos empleado como modelo experimental.

Iniciamos nuestro trabajo utilizando animales de diferentes especies para poder tener una visión global de las caderas y de las peculiaridades del suelo en especial. El primer hallazgo con el que nos encontramos es con la presencia de un menisco en el suelo del acetábulo de las cuatro especies de anfibios que estudiamos. El menisco de estos anfibios, en la observación macroscópica, tiene las mismas peculiaridades morfológicas y funcionales que el menisco conocido de la rodilla. Su estructura es semicircular y completamente independiente de la superficie articular sobre la que descansa y en todos los casos, se sitúa sobre el isquion. Está constituido por un tejido fibrocartilaginoso, con predominio del tejido conjuntivo, y refringe a la luz polarizada tras la tinción con Rojo Sirio.

En el caso del sapo y la rana, en donde pudimos valorar más casos, observamos que tiene una estrecha relación anatómica y funcional con estructuras ligamentosas que pueden ser equiparadas al ligamento redondo y al ligamento transverso. De este modo, si se movilizan las estructuras ligamentosas, se produce una movilización del menisco.

Otro hallazgo que encontramos en este grupo de animales es que el acetábulo es ovalado y menos continente que el acetábulo de la rata, y además carece de trasfondo. Se puede sugerir que los elementos de retención predominan sobre todos elementos de contención articular. Los anfibios y reptiles presentan un eje de la extremidad inferior perpendicular a la pelvis, lo cual obliga a un marcha reptante, menos efectivas. Al rotar la extremidad, el eje se hace paralelo a la pelvis y se consigue una marcha eficaz^{200,244}. Este fenómeno condicionaría las modificaciones del acetábulo y de la extremidad proximal del fémur. Posiblemente, la evolución de la forma del acetábulo sea ser más continente mediante el proceso de rotación al que se somete la cadera para que la posición de la marcha sea más efectiva^{200,244}.

De este modo, un acetábulo ovalado daría lugar a uno circular, con una movilización de las estructuras ligamentosas desde la zona exterior hacia la articulación, unidas o no a estructuras tendinosas de músculos que se insertan en la cabeza femoral.

Discusión

Este hallazgo del menisco en anfibios, nos ayuda a reafirmar que la denominación de meniscoide pueda corresponder a esta estructura. Puede ser un resto atávico de este menisco y que con el paso del tiempo ha sido incorporado al isquion y participando sólo temporalmente en el funcionamiento del acetábulo. Si relacionamos el menisco de los anfibios con la estructura meniscoide, podemos sugerir que si bien no apreciamos un “*analogatum princeps*” si se aprecia una “*analogia attributionis*”, es decir la analogía sería de función y no de origen. Tras este análisis, se ha establecido un serie de criterios (anatómicos, histológicos, de anatomía comparada y rasgos patológicos) que ayudan a definir la estructura en semiluna como estructura meniscoide como se refleja en la Tabla XXXI.

TABLA XXXI. Criterios para definir la estructura meniscoide.

Criterios anatómicos	<ol style="list-style-type: none">1. Estructura intra-articular.2. Aumento de la superficie articular del isquion.3. Forma de semiluna o en C4. Mejora la adaptación de la cabeza femoral al isquion5. Amplia el área de deslizamiento de la cabeza femoral.6. Posee cierto grado de movimiento.
Criterios histológicos.	<ol style="list-style-type: none">1. Compuesta de tejido fibrocartilaginoso.2. Se diferencia del tejido articular del isquion
Criterios de Anatomía comparada	<ol style="list-style-type: none">1. Presencia en gran parte de los animales estudiados2. En anfibios es una menisco típico.
Criterios patológicos	Se comporta con fibrosis y desplazamiento en la enfermedad luxante

En el análisis comparado de la anatomía de otras especies, se ha observado esta estructura meniscoide en el gato y en primates no humanos, pero no se ha observado en la tortuga, el cordero, el caballo, ni en las dos especies de aves que hemos analizado (codorniz y pollo). En el pollo se ha observado en el suelo del cotilo, sobre la zona articular del isquion, un resto de tejido condral, que se superpone a la articular, y es

Discusión

cubierta por tejido fibroconjuntivo, carente de movilidad, no articula con nada, y no refringe con luz polarizada tras la tinción con rojo Sirio. Desconocemos a que pueda corresponder pues no coincide con nada en las pocas especies estudiadas en nuestro estudio.

En el humano hemos observado una estructura similar a la descrita en la rata, gato y primate no humanos, con peculiaridades histológicas similares a la descrita en estos animales, compuesta de tejido fibrocartilaginoso con refringencia a luz polarizada.

Otro hecho que llama la atención en el caso del conejo, que ha sido empleado en diferentes trabajos experimentales sobre la lesión luxante de cadera, es que presenta algunas diferencias estructurales con el acetábulo tanto de la rata como del humano. Así, el acetábulo no presenta un labrum con las mismas características de forma que las de la rata y el humano, sino que parece más una cresta acetabular. El suelo es donde encontramos más diferencias, ya que no existe la estructura meniscoide, pero tampoco observamos las características del ligamento transversal y del espacio entre el isquion y el pubis, que está ocupado por un tejido fibroso muy distinto de la estructura que forma el suelo del acetábulo de la rata y del humano. Estas diferencias nos llevan a pensar que el modelo experimental con rata es más semejante al humano que el conejo.

El estudio de los animales con estructura meniscoide o con menisco nos indica que éstos tienen una íntima relación anatómica y funcional con el ligamento redondo y con el ligamento transversal. Esta íntima relación se observa en la disección de los mismos puesto que se aíslan los tres formando un sistema. El movimiento del ligamento redondo produce una movilización tanto del ligamento transversal como de la estructura meniscoide. En la rata, se ha observado que la movilización del ligamento redondo, forzando la hiperextensión tanto hacia la región anterior como posterior, levanta la estructura meniscoide y evierte el labrum en su zona inferior. Esto ocurre tanto si está

Discusión

aislado como conservando la cabeza femoral. En los especímenes humanos la observación es similar, pero dado la escasez de casos no se ha repetido las maniobras para no alterar el estudio histológico. Esto nos hace sugerir que estos tres elementos no deben ser valorados de forma independiente, sino que realmente forman un sistema que participa en la contención y retención de la cabeza femoral, y como tal sistema lo estudiaremos en el modelo experimental.

De esta forma, a la luz de nuestras observaciones y de las realizadas en la literatura, se ha establecido una serie de criterios que ayudan a definir el sistema ligamento redondo-estructura meniscoide-ligamento transverso, como se observa en la tabla XXXII.

TABLA XXXII. Criterios para definir el sistema LR-EM-LT (1)

Criterios anatomo-histológicas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Origen embriológico similar²²⁵. 2. Relaciones de vecindad y de relación anatómica^{182,282}. 3. Similitud tisular (presencia de fibrocartilago)^{185,284}.
Criterios funcionales.	Interacción entre ambas al movimiento ¹⁸² .
Criterios de Anatomía comparada	Presencia en gran parte de los animales estudiados
Criterios patológicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Respuesta con fibrosis en la enfermedad luxante^{50,294}. 2. Acompañan a la cabeza femoral en la patodinamia de la enfermedad luxante

(1) LR-EM-LT: ligamento redondo-estructura meniscoide-ligamento transverso

El ligamento redondo es una estructura que sigue planteando discusiones sobre su origen y su papel funcional en la articulación coxo-femoral. En el estudio histológico

Discusión

de los primeros días de la rata, hemos encontrado la íntima relación existente entre el ligamento redondo y el ligamento transverso. Esta relación entre el ligamento redondo y el ligamento transverso ha sido descrita en humanos durante el periodo embrionario²²⁵ y el periodo postnatal²⁸⁴⁻²⁸⁵. El ligamento redondo aparece en todas las especies que hemos estudiado, aunque sabemos que hay algunas especies en las que no existe como ocurre con el elefante, foca, rinoceronte, ornitorrinco, nutria, etc^{163,263,269}. El ligamento redondo puede presentar formas variadas, así en los anfibios y tortuga aparece como un refuerzo capsular, en el caballo es una estructura doble con un componente extra-articular y en el resto es una estructura única e intra-articular. En todos los animales estudiados es una estructura que se relaciona con el isquion, en el suelo del acetábulo. En el caso del avestruz, aparece como un tendón del músculo pectíneo^{163,263}.

Hasta la actualidad se han descrito diferentes teorías sobre el origen y función del ligamento redondo. Así, hay autores que lo consideran un portador de vasos^{45,232}, un ligamento de retención²⁷¹, un ligamento asociado al tendón del pectíneo^{163,263}, un vestigio inactivo²⁶⁹ o una estructura funcional formada *in situ*²⁷⁹.

En el sapo, se ha descrito un músculo obturador interno que circunvala la zona inferior de la articulación coxo-femoral⁹⁶. En este trabajo, se ha disecado en el sapo el músculo obturador interno y se ha observado que circunvala la zona inferior de la articulación coxo-femoral y se une a un refuerzo capsular en la cabeza femoral, de modo que ambas estructuras podría actuar como un ligamento intra-articular. Estos hallazgos nos sugieren que el músculo obturador interno, de alguna manera, podría ser uno de los orígenes del ligamento redondo. Estos aspectos requieren una investigación más profunda que no son objeto de este trabajo.

A la luz de los resultados expuestos, se podría sugerir que el ligamento redondo posee una funcionalidad y no es una estructura vestigial inactiva. Nuestros hallazgos sugieren que las diferentes teorías podrían tener una explicación común. Así, el ligamento redondo podría ser el resultado de la evolución de la estructura ligamentosa de los anfibios unida a un tendón de un músculo insertado en el pubis, que en el proceso evolutivo se ha introducido dentro de la articulación y que posee un papel de retención

Discusión

de la cabeza como lo hace de contención en los anfibios. Este proceso no se habría completado en el caballo que sigue manteniendo la separación entre estructura ligamentosa y tendinosa pero ya con una acetábulo circular y con ambas estructuras intra-articulares. En otras especies, incluida la rata y el hombre, el proceso ha conducido a un ligamento único, aunque todavía persistan fibras que salen de la articulación para fijarse fuera de ella.

A este respecto es de interés recordar los movimientos de la pelvis durante el periodo evolutivo, como se comentó en la introducción, que explicarían la penetración de ciertas estructuras anatómicas periféricas al acetábulo y el cambio de función.

El resultado de los estudios embriológicos revisados en la literatura muestra una íntima relación entre el ligamento redondo y el ligamento transvers²²⁵, que hemos observado que se mantiene en los primeros días postnatales de la rata. Sin embargo, para Humphry (1858) no hay relación entre ambos ligamentos, y el ligamento transvers estaría formado por fibras del ligamento cotiloideo (labrum o rodete cotiloideo). Es decir, nos encontramos con discrepancias en el origen de estas estructuras que requieren estudios más profundos.

El ligamento transvers muestra cierta homología entre la rata y el humano, en ambos representa la continuidad del labrum en el suelo acetabular, une el isquion con el pubis, forma parte del techo del canal isquio-púbico y forma parte del sistema ligamento redondo-estructura meniscoide-ligamento transvers, como hemos descrito con anterioridad. Tanto en la rata como en el humano, es una estructura móvil, constituida por unas entesis en los extremos y una zona central fibro-cartilaginosa que ayuda a la contención y retención de la cabeza femoral^{78,185}. Se desconoce cual es el origen del ligamento transvers. En los animales que hemos analizado, el ligamento transvers se sitúa en la zona anterior (en los anfibios estudiados) o en la zona caudal del acetábulo o suelo del acetábulo (en el resto de los animales estudiados).

En los anfibios, especialmente en el sapo, hemos definido en la zona anterior del

Discusión

acetábulo una estructura fibrosa que se dirige desde una zona ósea a otra del isquion, unida al menisco mediante unas inserciones laterales y que delimita una zona canalicular, cerrada por una membrana, en donde se observan fenómenos de adaptación a las presiones intra-articulares. Esta estructura fibrosa correspondería al ligamento transversal en el sapo. De tal modo que la tracción del fémur se produce una succión de esta membrana hacia la cavidad articular y se expande cuando aumenta la presión dentro de la articulación. Este fenómeno de pistón lo hemos observado en todos los agujeros de entrada del canal isquio-púbico en todos los acetábulos. En el resto de los animales estudiados, hemos descrito un ligamento transversal en la zona caudal o suelo del acetábulo. ¿Por qué se producen estos cambios de posición del ligamento transversal? El ligamento transversal no ha sido el propósito de este trabajo pero se puede sugerir que esta estructura, situada en la zona anterior del sapo, gira en el proceso de rotación del acetábulo para adaptarse desde la marcha reptante a la marcha cuadrúpeda, y así quedar situado en la zona del suelo^{200,244}. Más allá de esta especulación ignoramos los fenómenos que se producen lo cual sugiere futuros estudios del tema.

En el estudio del pulvinar, observamos que no aparece en los anfibios, reptiles y aves estudiados. En el caso de la rata, hemos observado la presencia de amplias luces vasculares que en los casos del ensayo pueden aumentar más su diámetro y asociar hipertrofia de la pared; esto último como también ha sido descrito por Ippolito¹²⁵⁻¹²⁶. No conocemos el significado de estas luces vasculares, ni tenemos conocimiento de su existencia en otros animales o en el ser humano.

El modelo experimental que hemos empleado en este trabajo se fundamenta en el modelo de Sijbrandij (1965) y de Michaelson (1972). En ambos se emplea la rata como animal de experimentación, que como hemos señalado antes, nos parece más adecuado dadas sus características anatómicas y sus similitudes con la especie humana. El modelo se basa en conseguir la lesión luxante por efecto posicional del miembro

Discusión

inferior del animal y para ello se coloca la rodilla en hiperextensión lo cual conduce a la aparición de la lesión. En esta posición se produce una tendencia a la rotación externa del miembro inferior con extensión de la cadera, que queda en ligera abducción.

Sabemos que las diferentes posiciones en las que queda la cadera, puede condicionar la presencia de diferentes alteraciones coxo-femorales. Wilkinson (1962-3) y Salter (1966) describen que el fémur puede aumentar la anteversión o no del cuello femoral según se deja la cadera en rotación interna o externa. Este experimento pone de manifiesto que las diferencias posicionales del miembro condiciona el desarrollo de la lesión. Aunque hay autores que restan importancia al ángulo cervico-diafisario²⁸⁶.

Se sabe que la displasia del desarrollo de la cadera humana tiene una etiología muy variada, que puede iniciarse desde varias causas para acabar con una lesión final similar. Como señalábamos en el capítulo de la etiopatogenia de esta enfermedad, una de las causas esgrimidas es la posicional, la cual explicaría como la enfermedad luxante del humano se incrementa en los nacimientos de nalgas, especialmente de nalgas puras, o en los casos de hiperextensión forzada de la rodilla como ocurre en ciertos enfermedades o síndrome (luxación de rodilla, etc.) y disminuye la incidencia en los nacidos por cesárea¹⁶².

Por lo tanto, empleamos un modelo posicional, avalado por resultados de trabajos previos y que simula una situación clínica conocida. Se ha mejorado el modelo evitando la tracción del trabajo de Sijbrandij (1965) y asegurando la hiperextensión de la rodilla. La única desventaja que hemos encontrado ha sido un ligero aumento de la tasa de fracturas femorales que han sido causa de exclusión en los resultados. Tal vez, la modificación de la técnica ha servido para conseguir una tasa de lesión más elevada que otros trabajos, que incluso han tenido que añadir tratamiento hormonal para aumentar la lesión luxante^{66,303}.

A continuación se discuten los cuatro temas que se han considerado de interés en este trabajo: a) cambios en el isquion; b) cambios en el acetábulo; c) cambios en el sistema ligamento redondo-estructura meniscoide- ligamento transversal; d) patodinamia

de la lesión luxante del modelo experimental.

Análisis de los cambios morfológicos del isquion.

En el estudio radiográfico sólo encontramos imágenes de subluxación en el grupo de los cuatro días de la lesión (tiempo precoz de nuestro estudio) y luxaciones completas de la articulación en el grupo de las dos semanas de lesión (tiempo tardío de nuestro estudio).

Se ha observado que el isquion se mueve en los tres planos del espacio. En primer lugar, el isquion rota hacia externo (lateral) acompañando a la pelvis que a su vez pivota sobre el sacro y hacia el miembro del ensayo como se ha observado en la proyección axial. En segundo lugar, el isquion flexiona en el coxal hacia lateral pivotando sobre la zona proximal del isquion como se ha observado en la radiografía antero-posterior mediante el ángulo ilio-isquion AP y el ángulo trirrariado-isquion. En tercer lugar, se flexiona hacia anterior respecto del ilion, como se observa en el estudio radiográfico de la hemipelvis mediante el ángulo del isquion posterior. Nos parece significativo señalar que los movimientos que se describen en el isquion, afectan inicialmente al propio hueso y más tarde al cartílago trirrariado como luego comentaremos. Este comportamiento del isquion puede explicarse por los factores mecánicos a los que está sometido nuestro modelo experimental como ya ha sido comentado. Factores mecánicos que igual que han sido implicados en el desarrollo fetal^{51,52,63}, pueden ser una causa importante de deformidad en la enfermedad luxante.

Sin embargo, el estudio del grupo que hemos denominado miscelánea (entre 3 semanas y un año) nos señala que el desplazamiento del isquion no es evolutivo, es decir, a más tiempo de evolución de la lesión no hay más aumento de la deformidad del isquion. Dado que a partir de este periodo la cadera está luxada, creemos que el fenómeno de rotación del isquion está directamente relacionado con la congruencia cabeza-acetábulo, de tal manera que al perderse la relación espacial entre ambas se pierde también la causa deformante por lo que no progresa la rotación^{284,285}.

Las modificaciones que hemos descrito en el isquion pueden participar en los

Discusión

cambios morfológicos que describimos en el acetábulo, como comentaremos posteriormente. Y no hay que olvidar la correlación entre la displasia del desarrollo de la cadera humana y alteraciones de la posición de la pelvis y de la columna^{4,5,289}, que incluso afectan a la cadera contralateral²⁹³.

Los datos macroscópicos de la hemipelvis confirman que el isquion experimenta un desplazamiento respecto del ilion y se observa que el punto de pivote ocurre bajo el cartílago trirrariado en la zona proximal del isquion. De forma tal que este movimiento puede comprometer a la articulación produciendo fenómenos de compresión-tracción entre la cabeza femoral y el acetábulo.

El porqué de los cambios morfológicos del isquion los hemos buscado en el cartílago trirrariado y en el hueso. Al analizar la histología del cartílago trirrariado en los diferentes tiempos evolutivos, se comprueba que éste no se afecta en la fase precoz con el desplazamiento isquiático señalado, y si en la fase tardía. Esto último ha sido señalado por varios autores^{184,246} como también sucede en la displasia del desarrollo de la cadera humana. Otros autores han encontrado una alteración del cartílago trirrariado en sus zonas más periféricas^{99,100,171}.

¿Cómo se producen los cambios óseos en el isquion? Cuando analizamos la zona ósea, concretamente la zona proximal del isquion situada en el fondo del acetábulo y adyacente a la rama ilio-isquiática del cartílago trirrariado, encontramos alteraciones morfológicas e histológicas que localizan aquí el desplazamiento isquiático. La alteración morfológica consiste en la angulación de las corticales del isquion. Las alteraciones histológicas se expresan con la pérdida de tejido óseo lamelar en la cortical externa (cortical convexa). Estas alteraciones aparecen en el grupo de los cuatro días y se hacen más significativas en los grupos siguientes. El hecho de que el cartílago trirrariado en la fase inicial no haya disminuido de altura implica que no ha sido sometido a compresión siguiendo la ley de Hueter-Volkmann. El isquion sufre una deformidad plástica que responde a la ley de Wolf, debido a unas fuerzas que no han sido estudiadas en este trabajo, de tal modo que las trabéculas óseas y el grosor de la cortical disminuyen en la zona externa del isquion¹⁴. En el trabajo de Michelsson

(1972), se consigue evitar la subluxación y la luxación por la sección de la musculatura de los isquiotibiales del animal de experimentación, lo cual orientaría a la participación muscular en la patodinamia de la enfermedad luxante²⁵⁷. La extensión de la cadera, aumenta la tensión de los músculos isquiotibiales^{134,266}, que se contraen, facilitándose la inestabilidad de la cadera, como ya ha sido señalado^{302,303}. En este trabajo se ha observado esta contracción en los isquiotibiales (Fig.108).

Análisis de los cambios morfológicos del acetábulo.

En los resultados, se ha comprobado que a los cuatro días se observaba laxitud de la cadera y la posición cefálica en rotación externa que condiciona la prominencia de la cabeza en la cara anterior de la cápsula. Esto parece ser la primera alteración de este proceso patodinámico. Es conocido que las partes blandas son las estructuras que estabilizan la cadera al nacer, más que la propia articulación^{214,285}. La posición de la cabeza en la zona anterior ha sido implicada en las lesiones de la zona anterior del acetábulo y en la subluxación de la cadera^{223,283,289}.

El estudio macroscópico del acetábulo muestra que se produce un desplazamiento del mismo hacia la zona postero-superior. Este desplazamiento se inicia en los primeros días del ensayo y progresa en los periodos de estudio siguientes. Para sustentar esta observación nos hemos basado en las modificaciones de las mediciones macroscópicas entre el acetábulo y el reborde anterior del coxal y entre el acetábulo y el agujero obturador. Se acompaña de hipoplasia y deformidad del acetábulo.

La hipoplasia del acetábulo, así como la de la cabeza femoral, puede estar relacionada con la capacidad deformante de ambas estructuras antes sollicitaciones mecánicas^{64,169,246,285}.

Desconocemos los cambios que dan lugar a esta situación. Sin embargo, sí encontramos una íntima relación entre este proceso y el inicio de la formación del acetábulo secundario. En el que encontramos que el ligamento redondo y el labrum

Discusión

posterior hipertrofiados forman parte del fondo del acetábulo en los procesos iniciales de la formación del acetábulo secundario, acompañándose de una cápsula hipertrófica y una neocápsula así como de una ascensión del ligamento transverso hipertrofiado como ha sido señalado en la literatura²⁹⁰.

Las lesiones en la pared anterior del acetábulo que se han encontrado en este ensayo, ya han sido descritas previamente^{176,223,283,289} y parece que pueden estar relacionadas con la presión de la cabeza en la zona anterior.

Uno de las lesiones constantes en el estudio de la displasia del desarrollo de la cadera del humano y de la enfermedad luxante experimental es la afectación del techo^{94,105,133,141,146,150-1,195,197,247,268}. Un elemento constitutivo del techo es el *os acetabuli* en humanos, como se comentó en la introducción. En la rata se ha relacionado con la epífisis acetabular lateral y parece que juega un papel importante en el desarrollo del techo^{249,250}. Hay autores que relacionan la lesión directa del techo con la enfermedad luxante¹⁹⁵ frente a otros que no han asociado el techo lesionado y la luxación. En este trabajo no se han observado modificaciones del techo en la fase precoz y sí en la fase más avanzada del estudio. Nuestras observaciones muestran que la vascularización de la epífisis acetabular lateral de la rata y de la epífisis distal del ilion se producen por la penetración de los vasos a través de un canal en la zona intra-articular del acetábulo. En el periodo más avanzado de nuestras observaciones, que es cuando observamos las alteraciones del techo, coincide con una abundante reacción fibrosa en esta zona del acetábulo que invade la entrada de estos canales. Por ello se puede sugerir que en el origen de la lesión del techo podrían estar implicados factores vasculares, asociados o no factores mecánicos^{8,65,284,304}. Esta controversia sobre la implicación vascular en la lesión luxante de cadera sugiere estudios más específicos.

El concepto de limbus ha sido un tema controvertido en la literatura de la enfermedad luxante, como hemos analizado en la introducción. En este trabajo hemos encontrado la aparición de hipertrofia del labrum del ilion y del isquion, que es lo

Discusión

algunos autores denominan *limbus*¹⁸⁴. Sin embargo, hemos encontrado una protuberancia digitiforme en la zona del labrum del pubis sin solución de continuidad con el labrum compuesta por dos zonas con tejido condral hacia la luz articular y tejido fibroconjuntivo hacia la zona externa. Esta protuberancia se dirige hacia la luz articular, y desconocemos la causa de esta hipertrofia del pubis.

En este trabajo se ha definido como giba o *ridge* una loma de tejido condral que hemos localizado en el isquion, en la zona de intersección entre el labrum y la faceta articular del isquion, como ha sido descrita en humanos²⁰⁹. Desconocemos la causa de dicho proceso. En esta zona del *ridge* hemos encontrado abundantes clones condrales lo cual es signo de cierta actividad proliferativa. Quizás esta zona pueda corresponder a la respuesta a un incremento de sollicitaciones mecánicas que desconocemos.

El pulvinar se altera de forma precoz con cambios degenerativos en el tejido fibro-graso con disminución inicial de adipocitos, y con fibrosis en la región subsinovial y áreas acelulares en la región sinovial superficial. Esta lesión del pulvinar aumenta a medida que progresa la patodinamia de la lesión, de tal modo que en los casos más avanzados de lesión la fibrosis invade el acetábulo y a su vez se extiende por el canal isquio-pubiano. Este proceso podría ser achacado a la hipertrofia del ligamento redondo. La hipertrofia de estas partes blandas en los procesos más avanzados pueden ocupar una gran parte de la cavidad articular lo cual dificulta la reducción de la cabeza femoral.

La superficie articular del isquion se encuentra sobre una zona que a modo de tuberosidad tiene el isquion y que va a corresponder en su base a la columna posterior del canal isquio-pubiano. En la disección macroscópica y en el corte histológico, tiene un aspecto de “copa articular”. En el ensayo, se observa que se pierde la simetría y la posición regular de la “copa articular” de forma tal que hay una rotación externa y una inclinación lateral. Este proceso, unido a las alteraciones del sistema ligamento redondo-estructura meniscoide-ligamento transversal que a continuación se discutirán, se acompaña de una extrusión de la cabeza femoral, que ha sido descrito en la displasia

del desarrollo humano⁷⁴. A su vez la superficie articular se deforma, aumentando su concavidad como posteriormente se discute.

La subluxación es un tema muy debatido en la patodinamia de la lesión luxante^{49,173-4}. Existen dos teorías: una, defiende que la luxación y la subluxación son dos entidades diferentes, y se basan en que la lesión anatómica se localiza en zonas diferentes, zona anterior para la subluxación y zona posterior para la luxación. Otra teoría, defiende que la subluxación podría ser la fase inicial de la luxación; la subluxación aparecería tras el posicionamiento de la cabeza femoral en la zona anterior^{255,283}. La cabeza femoral quedaría retenida por efecto del ligamento iliofemoral y por el tendón del músculo psoas. La ausencia de la cabeza femoral en la zona posterior condicionaría la alteración de ésta por falta del efecto presor (siguiendo la ley de Hueter-Volkmann) que acabaría desplazando la cabeza a la zona posterior hipoplásica hasta que se completara la luxación²⁸³. Los hallazgos radiográficos y macroscópicos de este trabajo nos sugieren que la subluxación no sería una entidad distinta de la luxación, ya que no la hemos encontrado como un proceso distinto a la luxación, sino más bien una fase precoz de la enfermedad luxante. Así, al inicio del proceso la cabeza se dirigiría hacia la zona anterior^{283,289} para dejar una cadera subluxada y más tarde, si el proceso patodinámico progresa, aparecería la luxación definitiva hacia la zona postero-superior⁶⁰. Se conoce en la práctica clínica el diagnóstico de subluxación¹⁷⁴ del cual seguimos sin conocer sus causas, a tenor de nuestros resultados podría explicarse como un proceso patodinámico interrumpido, como analizaremos más adelante. El tema plantea discusión ya que se han descrito luxaciones completas anteriores¹⁷³.

En los procesos avanzados de la lesión hemos encontrado aumento de tejido fibroso y separación de fibras musculares por interposición de tejido fibroso en la región del músculo del obturador externo próxima al canal. Aunque la patología muscular no ha sido analizada de forma específica en este trabajo se podría sugerir que el músculo señalado está en hiperextensión por la posición a la que forzamos el miembro, lo que explicaría que la fibrosis apareciera también en el canal ya que éste presenta una tejido

de interposición que relaciona el interior y el exterior de la articulación, y que se modifica con las presiones intra-articulares.

Análisis de los cambios morfológicos del sistema ligamento redondo-estructura meniscoide-ligamento transverso.

Como se ha señalado antes, en el suelo del acetábulo hemos encontrado y definido un sistema formado por el ligamento redondo, la estructura meniscoide y el ligamento transverso. Interesa recordar que la estructura meniscoide se sitúa sobre el borde interno de la superficie del isquion y participa como elemento de interposición entre trasfondo y acetábulo. Se encuentra limitada por dos estructuras adyacentes: el ligamento redondo, que se inserta por uno de sus fascículos por debajo de la estructura meniscoide en el canal isquiopubiano y el ligamento transverso que tiene fibras que coparticipan en el borde externo de la estructura meniscoide.

El sistema que definimos puede tener similitudes con otro sistema en la rodilla que estaría constituido por el ligamento cruzado, el menisco y el ligamento transverso. Se han descrito semejanzas anatómicas, histopatológicas, biomecánicas y clínicas entre el ligamento redondo y el ligamento cruzado anterior^{25b}. Nosotros podemos establecerlas entre el menisco de la rodilla y la estructura meniscoide de la cadera, y entre el ligamento transverso de ambas articulaciones.

La posición de la cabeza en rotación externa va a dar lugar a dos acontecimientos. En primer lugar, debido a las relaciones anatómicas entre el ligamento redondo y el ligamento transverso, se va a producir una eversión del labrum en el suelo del acetábulo, como se ha descrito en los resultados. Esta observación ha sido descrita en humanos por Michaels (1970).

El segundo acontecimiento afecta a todo el sistema ligamento redondo-estructura meniscoide-ligamento transverso. Así, se pone a tensión el ligamento redondo y éste eleva en un principio a la estructura meniscoide. El proceso de desplazamiento del ligamento transverso, en parte debido a la hiperextensión de fibras del ligamento

Discusión

redondo, participa en el desplazamiento de la estructura meniscoide. Es decir, el ligamento redondo eleva la estructura meniscoide por su zona interior y el ligamento transversal por su zona exterior. Esta alteración produce dos efectos, por una parte, aumenta la concavidad de la superficie articular del isquion, y por otra altera la citoarquitectura de esta superficie. Esta alteración del sistema ligamento redondo-estructura meniscoide-ligamento transversal, unido al movimiento de la “copa articular” que antes se ha descrito en el isquion, produce un efecto de lateralización de la cabeza femoral. A este respecto Edelson (1984) describe en imágenes de TAC de enfermos con displasia del desarrollo que la cabeza femoral sufre más un proceso de lateralización que de desplazamiento antero-posterior, que ha sido señalado por otros autores^{168,202}. Tras este proceso de extrusión, se sucederían los pasos que conducirían al desplazamiento postero-superior.

Ambos acontecimientos, eversión del labrum inferior y elevación de la estructura meniscoide, se producen de forma simultánea. Durante este proceso se inicia el fenómeno de fibrosis de todas estas estructuras, que con el avance de la patodinamia conducirán a un grado importante de fibrosis comentada previamente. En estos acontecimientos temporo-espaciales primero aparecería una deformación y más adelante la fibrosis. Esta respuesta tisular puede explicarse con la teoría de la “histogénesis causal” propuesta por Pauwel²⁰³, que relaciona la estructura tisular con el estrés al que está sometido. Así, el fibrocartilago aparece como respuesta a fuerzas de cizallamiento o de compresión intermitente, y el tejido conectivo denso (como nuestro caso) se deberían a fuerzas tensionales.

Las alteraciones del suelo del acetábulo han sido muy poco estudiadas en la literatura de la enfermedad luxante de cadera^{168,199}, debido en parte a que al producirse la salida de la cabeza hacia la zona superior, las primeras lesiones que se objetivan son en el techo^{94,195}. Pero encontramos autores que sí hacen referencia a alteraciones del suelo^{4-6,199} y a las deformidades angulares^{102,104,143,293} que no llegan a ser estudiadas en profundidad. En este sentido, en las descripciones anatómicas de Fairbank (1930) se puede observar como está presentes las alteraciones del isquion y del suelo que se ha

comentado en este trabajo pero a las que no se dio una importancia en la patodinamia de la lesión, ya que ésta estaba muy avanzada y dirigía la mirada a la zona postero-superior por donde se salía la cabeza femoral. Los estudios de artrografía de displasia del desarrollo muestran unas irregularidades, a modo de “protusiones” que a la luz de nuestros resultados podrían ser compatibles con las alteraciones que hemos descrito en el suelo del acetábulo^{34,67,68,112,188,220}. A este respecto Brunner (2002) describe la presencia de una estructura de consistencia dura en el suelo, a manera de una punta, situada en el isquion y que se aconseja eliminar para permitir la reducción de la cabeza femoral. Cabe preguntarse si esta estructura corresponde a lo que se ha denominado, como estructura meniscoide, en este trabajo.

En los casos más avanzados de nuestras observaciones hemos encontrado alteraciones en la arquitectura del tejido articular del isquion compatible con una lesión degenerativa del cartílago^{235,305}. Se ha descrito la aparición de procesos apoptóticos en el cartílago articular directamente relacionados con la luxación articular^{75,198}. En este sentido se puede especular que la alteración de la estructura meniscoide que aparece en algunas caderas y que no progresa hasta la enfermedad luxante podría ser el origen de aquellas coxartrosis que hoy llamamos idiopáticas y que se originan por una alteración inicial del suelo (artrosis inferior) para luego acabar extendiéndose a toda la articulación coxo-femoral³⁸).

Patodinamia de la lesión luxante del modelo experimental.

A la luz de los resultados de este trabajo, la patodinamia de la lesión luxante de cadera en el modelo experimental de rata se inicia por el efecto posicional al que se deja el miembro inferior. Esta posición de rotación externa y abducción produce una tensión en el ligamento redondo que eleva a la estructura meniscoide, descrita en este trabajo, y evierte al labrum inferior. Llegados a este punto, el sistema que hemos definido y denominado ligamento redondo-estructura meniscoide-ligamento transversal (LR-EM-LT) jugaría un papel inicial en la patodinamia, contribuyendo a desplazar la cabeza, de

la misma manera que lo hace la laxitud articular^{179,183,282,288}.

Concomitantemente, la posición favorece la prominencia anterior de la cabeza femoral en la cápsula y en el reborde anterior del labrum, así como lateraliza la cabeza femoral hacia el exterior, lo cual se definiría como subluxación de la articulación. Esta posición de la cabeza contra el reborde acetabular anterior condiciona las lesiones que pueden observarse en la zona anterior del labrum. Si progresa la lesión, se añadiría hipoplasia de la cabeza femoral y del acetábulo.

En este proceso, el coxal o hemipelvis está sometido a unas tensiones musculares (no estudiadas en este trabajo) que conducen a la deformidad del isquion principalmente. Esta deformidad se produce en los tres ejes del espacio, como antes se ha descrito. Las solicitaciones a las que está sometido el isquion conducen a la rotación externa de la epífisis articular del mismo (“copa articular”) con cambios en la forma y posición de la superficie articular. La resultante de estos movimientos del isquion favorece a que la cabeza deje la zona anterior y se desplace hacia el exterior (lateralización).

Hasta este momento, la cabeza femoral podría regresar a su posición original, pero si el sistema sigue sometido a tensión, se incrementa la fibrosis tanto del mismo como del pulvinar lo cual podría probablemente condicionar el punto de no retorno. Si asumimos que esta fibrosis puede condicionar a la vascularización del ilion^{8,304}, sumado al efecto mecánico de la hipoplasia del techo por defecto de carga del estímulo de la cabeza (no se ha observado lesiones del techo por efecto de la cabeza sobre el mismo), nos encontramos con una insuficiencia del techo o zona postero-superior.

La deformidad del coxal unido a la hipoplasia del techo y a la posición lateralizada de la cabeza deja a la cabeza en una posición postero-superior que la conduce a apoyarse en la zona postero-superior del labrum. Así, se produciría la eversión e hipertrofia del labrum, de modo que la cabeza sobrepasaría el límite del labrum para convertirlo, junto al ligamento redondo, en el suelo del acetábulo secundario, completando la luxación completa de la cadera.

8. CONCLUSIONES.

Conclusiones

Tras la realización del trabajo titulado “Patodinamia de la lesión luxante de la cadera en desarrollo en periodo precoz. Aportaciones sobre un modelo experimental” se extraen las siguientes

CONCLUSIONES:

1. En el suelo del acetábulo de la rata, se describe la presencia de una zona de cartílago en semiluna que, tras estudios anatómicos, histológicos y funcionales, la denominamos estructura meniscoide. La estructura meniscoide junto con el ligamento redondo y el ligamento transversal forman un sistema anatómico y funcional.
2. En el estudio de anatomía comparada, se observa la presencia de un menisco en la cadera de las especies de anfibios estudiadas. En otras especies de animales, incluida el humano, se encuentra una estructura meniscoide.
3. En las fases iniciales de la lesión luxante de cadera en el modelo experimental de la rata, el isquion experimenta unas anomalías deformantes que junto a las alteraciones del sistema ligamento redondo-estructura meniscoide-ligamento transversal, descrito en el suelo, juegan un papel importante en la patodinamia inicial de la lesión.

9. RESUMEN.

Resumen

Los Objetivos del trabajo son: un estudio anatomo-radiológico e histológico comparado de la articulación coxofemoral de varias especies animales y determinar la patodinamia inicial de la lesión luxante de cadera en un modelo experimental. En el Planteamiento se propone el estudio de la anatomía de la cadera en distintas especies animales y estudio de las lesiones de cadera en un modelo experimental de luxación de cadera en rata. Como Método se propone realizar disecciones anatómicas, estudio radiográfico e histológico de las caderas. Tras evaluar los resultados se extraen las siguientes. Conclusiones: En el suelo del acetábulo de la rata, se describe la presencia de una zona de cartílago en semiluna que denominamos estructura meniscoide; ésta junto con el ligamento redondo y el ligamento transversal forman un sistema anatómico y funcional. El estudio de anatomía comparada, muestra la presencia de un menisco en la cadera de los anfibios estudiados. En otras especies de animales, incluida el humano, se encuentra una estructura meniscoide. En las fases iniciales de la lesión luxante de cadera analizadas, el isquion experimenta unas anomalías deformantes que junto con las del sistema ligamento redondo-estructura meniscoide-ligamento transversal, descrito en el suelo, juegan un papel importante en la patodinamia inicial.

10. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía.

1. **Afoke NY, Byers PD, Hutton WC.** Contact pressures in the human hip joint. *J Bone Joint Surg Br.* 1987 Aug;69(4):536-41.
2. **Akbas A, Unsaldi T, Koruklu O, Goze F.** The effect of physeal traction applied to the triradiate cartilage on acetabular growth. *Int Orthop.* 1995;19(2):122-6.
3. **Akiyama H, Kim JE, Nakashima K, Balmes G, Iwai N, Deng JM, Zhang Z, Martin JF, Behringer RR, Nakamura T, de Crombrughe B.** Osteo-chondroprogenitor cells are derived from Sox9 expressing precursors. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2005 Oct 11;102(41):14665-70.
4. **Albiñana Cilveti J.** Luxación de la cadera en desarrollo: Aportación experimental al estudio correlativo de las observaciones radiológicas y anatómicas. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid; 1988.
5. **Albinana-Cilveti J, Delgado-Baeza E, Miralles-Flores C.** Pelvic deformity in experimental dislocation of the growing hip. *Int Orthop* 1992;16(4):317-21.
6. **Albinana J, Morcuende JA, Delgado E, Weinstein SL.** Radiologic pelvic asymmetry in unilateral late-diagnosed developmental dysplasia of the hip. *J Pediatr Orthop.* 1995 Nov-Dec;15(6):753-62.
7. **Alexander JW.** The pathogenesis of canine hip dysplasia. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 1992 May;22(3):503-11.
8. **Allan DA.** Structure and physiology of joints and their relationship to repetitive strain injuries. *Clin Orthop Relat Res.* 1998 Jun;(351):32-8.
9. **Alonso Ortiz T, Arizcun Pineda J.** Aspectos perinatológicos de la luxabilidad congénita de la cadera. *Acta Gin* 1973; 24; 463-96.
10. **Andren L.** Pelvic instability in newborns with special reference to congenital dislocation of the hip and hormonal factors. *Acta Radiol (suppl)* 1962; 212: 1-66.
11. **Antoniades L, Spector TD, Macgregor AJ.** The genetic contribution to hip joint morphometry and relationship to hip cartilage thickness. *Osteoarthritis Cartilage.* 2001 Aug;9(6):593-5.
12. **Appleton AB.** Postural deformities and bone growth. *Lancet* 1934; 3: 451-454.
13. **Argenson JN, Ryembault E, Flecher X, Brassart N, Parratte S, Aubaniac JM.** Three-dimensional anatomy of the hip in osteoarthritis after developmental dysplasia. *J Bone Joint Surg Br.* 2005 Sep;87(9):1192-6.
14. **Arkin AM, Katz JF.** The effects of pressure on epiphyseal growth; the mechanism of plasticity of growing bone. *J Bone Joint Surg Am.* 1956 Oct;38-A(5):1056-76.
15. **Arokoski JP, Jurvelin JS, Vaatainen U, Helminen HJ.** Normal and pathological adaptations of articular cartilage to joint loading. *Scand J Med Sci Sports.* 2000 Aug;10(4):186-98.

Bibliografía.

16. **Asplund S, Hjelmstedt A.** Experimentally induced hip dislocation in vitro and in vivo. A study in newborn rabbits. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1983;199:1-57.
17. **Athanasiou KA, Agarwal A, Dzida FJ.** Comparative study of the intrinsic mechanical properties of the human acetabular and femoral head cartilage. *J Orthop Res.* 1994 May;12(3):340-9.
18. **Athanasiou KA, Agarwal A, Muffoletto A, Dzida FJ, Constantinides G, Clem M.** Biomechanical properties of hip cartilage in experimental animal models. *Clin Orthop Relat Res.* 1995 Jul;(316):254-66.
19. **Avisse C, Gomes H, Delvinquiere V, Ouedraogo T, Lallemand A, Delattre JF, Flament JB.** Anatomic study of the pre- and neonatal hip. Physiopathologic considerations on dysplasia and congenital dislocation of the hip. *Surg Radiol Anat.* 1997;19(3):155-9.
20. **Azuma H, Kako K.** [Growth of the human acetabulum--with a comparison of cartilaginous proliferation in acetabular and triradiate physeal cartilages] *Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi.* 1984 Jun;58(6):583-90.
21. **Badgley CE.** Correlation of clinical and anatomical facts leading to a conception of the etiology of congenital hip dysplasias. *J Bone Joint Surg Am.* 1943; 25: 503-23.
22. **Badgley CE, Arbor A.** Etiology of congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am.* 1949; 31-A(2): 341-56.
23. **Bagi CM, Wilkie D, Georgelos K, Williams D, Bertolini D.** Morphological and structural characteristics of the proximal femur in human and rat. *Bone.* 1997 Sep;21(3):261-7.
24. **Baltaxe E, Suarez F, Zarante I.** Displasia campomélica. Descripción de un caso. *Colomb Med* 2005; 36: 266-270.
25. **Barclay OR.** The mechanics of amphibian locomotion. *J Exp Biol* 1946; 23: 177-203.
- 25b. **Bardakos NV, Villar RN.** The ligamentum teres of the adult hip. *Bone Joint Surg Br.* 2009; 91(1): 8-15.
27. **Barlow TG.** Early diagnosis and treatment of congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg* 44B:292-301, 1962.
28. **Beck M, Sledge JB, Gautier E, Dora CF, Ganz R.** The anatomy and function of the gluteus minimus muscle. *J Bone Joint Surg Br.* 2000 Apr;82(3):358-63.
29. **Beck M, Woo A, Leunig M, Ganz R.** Gluteus minimus-induced femoral head deformation in dysplasia of the hip. *Acta Orthop Scand.* 2001 Feb;72(1):13-7.
30. **Beck AL, Pead MJ, Draper E.** Regional load bearing of the feline acetabulum. *J Biomech.* 2005 Mar;38(3):427-32.
31. **Beaupré GS, Stevens SS, Carter DR.** Mechanobiology in the development, maintenance, and degeneration of articular cartilage. *J Rehabil Res Dev.* 2000 Mar-Apr;37(2):145-51.
32. **Benjamin M, Evans EJ, Copp L.** The histology of tendon attachments to bone in man. *J Anat.* 1986 Dec;149:89-100.

Bibliografía.

33. **Benjamin M, Toumi H, Ralphs JR, Bydder G, Best TM, Milz S.** Where tendons and ligaments meet bone: attachment sites ('entheses') in relation to exercise and/or mechanical load. *J Anat.* 2006 Apr;208(4):471-90.
34. **Bi W, Huang W, Whitworth DJ, Deng JM, Zhang Z, Behringer RR, de Crombrughe B.** Haploinsufficiency of Sox9 results in defective cartilage primordia and premature skeletal mineralization. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2001 Jun 5;98(12):6698-703.
35. **Biçimoglu A, Agus H, Omeroglu H, Tumer Y.** [The effects of arthrographically detected femoral head lateralization and soft tissue interposition during closed reduction of developmental dislocation of the hip on mid-term results] *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2004;38(1):1-7.
36. **Birnbaum K, Prescher A, Hessler S, Heller KD.** The sensory innervation of the hip joint--an anatomical study. *Surg Radiol Anat.* 1997;19(6):371-5.
37. **Blankenbaker DG, De Smet AA, Keene JS, Fine JP.** Classification and localization of acetabular labral tears. *Skeletal Radiol.* 2007 May;36(5):391-7.
38. **Bohr H, Baadsgaard K, Sager P.** On the development of the epiphysis of the femoral head following dislocation of the hip joint in young rabbits. *Acta Orthop Scand.* 1968;39(3):280-90.
39. **Bombelli R.** Artrosis de la cadera. Barcelona: Salvat Editores; 1985. p. 89-98.
40. **Brighton CT.** The growth plate. *Orthop Clin North Am.* 1984 Oct;15(4):571-95.
41. **Brighton CT.** Morphology and biochemistry of the growth plate. *Rheum Dis Clin North Am.* 1987 Apr;13(1):75-100.
42. **Bronson WE.** The pediatric hip. *Curr Opin Orthop.* 2001; 12: 470-9.
43. **Brunner R.** Posterior acetabular spike: an obstacle to reduction in long-standing hip dislocations. *J Pediatr Orthop.* 2002 Mar-Apr;22(2):219-21.
44. **Bucholz RW, Ezaki M, Ogden JA.** Injury to the acetabular triradiate physeal cartilage. *J Bone Joint Surg Am.* 1982 Apr; 64(4):600-9.
45. **Bullough P, Goodfellow J, O'Conner J.** The relationship between degenerative changes and load-bearing in the human hip. *J Bone Joint Surg Br.* 1973 Nov;55(4):746-58.
46. **Calleja y Sánchez J.** Anatomía descriptiva. Tomo I. 3ª ed. Madrid, Imp. Tintas de los hijos de J.A. García; 1897. p. 516-519.
47. **Cardinet GH, Wallace LJ, Fedde MR, Guffy MM, Bardens JW.** Developmental myopathy in the canine. *Arch Neurol* 1969; 21:620-30.
48. **Cardinet GH 3rd, Kass PH, Wallace LJ, Guffy MM.** Association between pelvic muscle mass and canine hip dysplasia. *J Am Vet Med Assoc.* 1997 May 15;210(10):1466-73.
49. **Castillo Benítez-Cano F.** Luxación congénita de cadera. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid; 1990.

Bibliografía.

50. **Catterall A.** What is congenital dislocation of the hip? J Bone Joint Surg Br. 1984 Aug;66(4):469-70.
51. **Chen HH, Li AF, Li KC, Wu JJ, Chen TS, Lee MC.** Adaptations of ligamentum teres in ischemic necrosis of human femoral head. Clin Orthop Relat Res. 1996 Jul;(328):268-75.
52. **Chen Q.** Skeletal mechanobiology: Where does it go in the 'post-dinosaur' age?. Curr Opin Orthop. 2005; 16: 309-10.
53. **Chen JC, Carter DR.** Important concepts of mechanical of bone formation and growth. Curr Opin Orthop. 2005; 16: 338-345.
54. **Chung SM.** The arterial supply of the developing proximal end of the human femur. J Bone Joint Surg Am. 1976 Oct;58(7):961-70.
55. **Cirotteau Y.** Correlations between the bony structures of the hip. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1982;68(1):14-9.
56. **Claffey TJ.** Avascular necrosis of the femoral head. An anatomical study. J Bone Joint Surg Br. 1960 Nov;42-B:802-9.
57. **Clarke NMP.** Congenital dislocation of the hip. Curr Orthop. 2004; 18: 256-61.
58. **Coleman SS.** Congenital dysplasia and dislocation of the hip. Sant Louis, Mosby Company; 1978. p1-26.
59. **Colton CL.** Chiari osteotomy for acetabular dysplasia in young subjects. J Bone Joint Surg Br. 1972 ;54B:578-89.
60. **Coventry MB, Garcia AV, McDonald JR.** Vascular changes of the ligamentum teres femoris in disease of the hip. Mayo Clin Proc. 1956 Oct 31;31(22):599-604.
61. **Crelin ES.** An experimental study of hip stability in human newborn cadavers. Yale J Biol Med. 1976 May;49(2):109-21.
62. **Daniel M, Iglic A, Kralj-Iglic V.** The shape of acetabular cartilage optimizes hip contact stress distribution. J Anat. 2005 Jul;207(1):85-91.
63. **DeHaven KE, Arnoczky SP.** Meniscus repair: basic science, indications for repair, and open repair. Instr Course Lect. 1994;43:65-76,
64. **Delaere O, Dhem A.** Prenatal development of the human pelvis and acetabulum. Acta Orthop Belg. 1999 Sep;65(3):255-60.
65. **Delgado Baeza E, Gil Garay E, Serrada Hierro A, Davidson WM, Miralles Flores C.** Experimental acetabular dysplasia associated with a lesion of iliopubic limb of the triradiate cartilage. Clin Orthop Relat Res. 1988 Sep;(234):75-81.
66. **Delgado-Baeza E, Sanz-Laguna A, Miralles-Flores C.** Experimental trauma of the triradiate epiphysis of the acetabulum and hip dysplasia. Int Orthop. 1991;15(4):335-9.
67. **Delgado-Baeza E, Albinana-Cilveti J, Miralles-Flores C.** Why does pelvic deformity occur in experimental dislocation of the growing hip? J Pediatr Orthop. 1992 May-Jun;12(3):376-83.

Bibliografía.

68. **Doyle SM, Bowen JR.** Types of persistent dysplasia in congenital dislocation of the hip. *Acta Orthop Belg.* 1999 Sep;65(3):266-76.
69. **Drummond DS, O'Donnell J, Breed A, Albert MJ, Robertson WW.** Arthrography in the evaluation of congenital dislocation of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 1989 Jun;(243):148-56.
70. **Duff SR, Bennett D.** Hip luxation in small animals: an evaluation of some methods of treatment. *Vet Rec.* 1982 Aug 14;111(7):140-3.
71. **Dunn PM.** The anatomy and pathology of congenital dislocation of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 1976 Sep;(119):23-7.
72. **Dunn PM.** Perinatal observations on the etiology of congenital dislocation of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 1976 Sep;(119):11-22.
73. **Dye SF.** An evolutionary perspective of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 1987 Sep;69(7):976-83.
74. **Dye SF.** Functional morphologic features of the human knee: an evolutionary perspective. *Clin Orthop Relat Res.* 2003 May;(410):19-24.
75. **Edelson JG, Hirsch M, Weinberg H, Attar D, Barneir E.** Congenital dislocation of the hip and computerised axial tomography. *J Bone Joint Surg Br.* 1984 Aug;66(4):472-8.
76. **Elliott J, Ng de J, Tham SK.** Chondrocyte apoptosis in response to dislocation of the hip in the rat model. *ANZ J Surg.* 2006 May;76(5):398-402.
77. **Emminger E.** Las articulaciones interapofisarias y sus estructuras meniscoides vistas desde la patología. *Ann. Méd. Phys* 1972; 15: 219-237.
78. **Engel R, Bogduk N.** The menisci of the lumbar zygapophysial joints. *J Anat.* 1982 Dec;135(Pt 4):795-809.
79. **Evans EJ, Benjamin M, Pemberton DJ.** Fibrocartilage in the attachment zones of the quadriceps tendon and patellar ligament of man. *J Anat.* 1990 Aug;171:155-62.
80. **Fabié F, Bouchet A, Accadbled F, Verhaegue L, de Gauzy JS, Cahuzac JP.** Does the meniscus exist in the elbow joint in children? *Surg Radiol Anat.* 2003 Apr;25(1):73-5.
81. **Fabry G.** Torsion of the femur. *Acta Orthop Belg* 1977; 43(4): 454-9.
82. **Fairbank HAT.** Congenital dislocation of the hip: With special reference to the anatomy. *Br J Surg* 1939; 17: 380-416.
83. **Felts WJ.** The prenatal development of the human femur. *Am J Anat.* 1954 Jan;94(1):1-44.
84. **Ferguson SJ, Bryant JT, Ganz R, Ito K.** An in vitro investigation of the acetabular labral seal in hip joint mechanics. *J Biomech.* 2003 Feb;36(2):171-8.
85. **Ferrer-Torrelles M, Ceballos T, Ferrer-Loewinsohn A.** Development of the hip joint in relation to congenital dislocation. *Acta Orthop Belg.* 1990;56(1 Pt A):13-22.

Bibliografía.

86. **Foels WS, Todhunter RJ, van der Meulen MCH.** Mechanobiology of Hip Dysplasia, Proceedings of ASME Bioengineering Conference, 1999; 42:761.
87. **Foels WS, Todhunter RJ, van der Meulen MCH.** The Role of Mechanics in Early Etiology of Developmental Dysplasia of the Hip. Trans. Orthop, 1999; Res. Soc., 24:741.
88. **Forriol F, Shapiro F.** Bone development: interaction of molecular components and biophysical forces. Clin Orthop Relat Res. 2005 Mar;(432):14-33.
89. **Frain P.** [Mechanical effects of femoral anteversion of the hip. Assessment of the validity of Pauwels' theory (author's transl)] Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1981;67(1):1-9.
90. **Fredensborg N.** The CE angle of normal hips. Acta Orthop Scand 1976; 47: 403–405.
91. **Friedrich KM, Trattig S, Millington SA, Friedrich M, Groschmidt K, Pretterklieber ML.** High-field magnetic resonance imaging of meniscoids in the zygapophyseal joints of the human cervical spine. Spine. 2007 Jan 15;32(2):244-8.
92. **Friedrich KM, Reiter G, Pretterklieber ML, Pinker K, Friedrich M, Trattig S, Salomonowitz E.** Reference data for in vivo magnetic resonance imaging properties of meniscoids in the cervical zygapophyseal joints. Spine. 2008 Oct 1;33(21):E778-83.
93. **Fries CL, Remedios AM.** The pathogenesis and diagnosis of canine hip dysplasia: a review. Can Vet J. 1995 Aug;36(8):494-502.
94. **Fukuda S, Matsuoka O.** Maturation process of secondary ossification centers in the rat and assessment of bone age. Exp Anim 1979;28:1–9.
95. **Garavaglia C.** Early diagnosis of congenital dysplasia of the hip; new roentgenologic signs. Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med. 1970 Nov;110(3):587-90.
96. **Gardner E, Gray DJ.** Prenatal development of the human hip joint. Am J Anat. 1950 Sep;87(2):163-211.
97. **Gaupp E.** Anatomie des Frosches. Braunschweig; 1896.
98. **Gautier E, Ganz K, Krugel N, Gill T, Ganz R.** Anatomy of the medial femoral circumflex artery and its surgical implications. J Bone Joint Surg Br. 2000 Jul;82(5):679-83.
99. **Gepstein R, Weiss RE, Hallel T.** Acetabular dysplasia and hip dislocation after selective premature fusion of the triradiate cartilage. An experimental study in rabbits. J Bone Joint Surg Br. 1984 May;66(3):334-6.
100. **Gil Garay E.** Aportación al estudio de las lesiones experimentales del cartílago trirradiado. Análisis de las repercusiones sobre el crecimiento de la cadera. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid; 1985.
101. **Gil Garay E, Delgado Baeza E, Serrada Hierro A.** Acetabular dysplasia in the rat induced by injury to the triradiate growth cartilage. Acta Orthop Scand. 1988 Oct;59(5):516-9.
102. **Gomes H, Ouedraogo T, Avisse C, Lallemand A, Bakhache P.** Neonatal hip: from anatomy to cost-effective sonography. Eur Radiol. 1998;8(6):1030-9.

Bibliografía.

103. **Good C, Walker G.** The hip in the moulded baby syndrome. *J Bone Joint Surg Br.* 1984 Aug;66(4):491-2.
104. **Goslin BR, Charteris J.** The human elbow and knee: functional relationships and phylogenetic considerations. *Hum Biol.* 1982 Sep;54(3):491-500.
105. **Green NE, Griffin PP.** Hip dysplasia associated with abduction contracture of the contralateral hip. *J Bone Joint Surg Am.* 1982 Dec;64(9):1273-81.
106. **Greenhill BJ, Hainau B, Ellis RD, el-Sayed RM.** Acetabular changes in an experimental model of developmental dysplasia of the hip (DDH). *J Pediatr Orthop.* 1995 Nov-Dec;15(6):789-93.
107. **Gunter G.** Origin of the tetrapod Limb. *Nature* 1956; 3: 495-6.
108. **Hadlock FP, Shah YP, Kanon DJ, Lindsey JV.** Fetal crown-rump length: reevaluation of relation to menstrual age (5-18 weeks) with high-resolution real-time US. *Radiology.* 1992 Feb;182(2):501-5.
109. **Han CD, Yoo JH, Lee WS, Choe WS.** Radiographic parameters of acetabulum for dysplasia in Korean adults. *Yonsei Med J.* 1998 Oct;39(5):404-8.
110. **Harris WH.** Etiology of osteoarthritis of the hip. *Clin Orthop* 1986;213:20.
111. **Harrison TJ.** The growth of the pelvis in the rat; a mensural and morphological study. *J Anat.* 1958 Apr;92(2):236-60.
112. **Harrison TJ.** The influence of the femoral head on pelvic growth and acetabular form in the rat. *J Anat.* 1961 Jan;95:12-24.
113. **Hattori T, Ono Y, Kitakoji T, Takashi S, Iwata H.** Soft-tissue interposition after closed reduction in developmental dysplasia of the hip. The long-term effect on acetabular development and avascular necrosis. *J Bone Joint Surg Br.* 1999 May;81(3):385-91.
114. **Henderson JH, Carter DR.** Mechanical induction in limb morphogenesis: the role of growth-generated strains and pressures. *Bone.* 2002 Dec;31(6):645-53.
115. **Hernando y Ortega T.** Estudio crítico del tratamiento de la luxación congénita de cadera. Tesis Doctoral. Madrid: Imp. Sucesores de Hernando. Facultad de Medicina; 1908.
116. **Herzmark M.** The evolution of the knee joint. *J Bone Joint Surg Am* 1938;20:77-84.
117. **Hewitt J, Guilak F, Glisson R, Vail TP.** Regional material properties of the human hip joint capsule ligaments. *J Orthop Res.* 2001 May;19(3):359-64.
118. **Hewitt JD, Glisson RR, Guilak F, Vail TP.** The mechanical properties of the human hip capsule ligaments. *J Arthroplasty.* 2002 Jan;17(1):82-9.
119. **Heyman CH, Herndon CH.** Legg-Perthes disease; a method for the measurement of the roentgenographic result. *J Bone Joint Surg Am.* 1950 Oct;32(A:4):767-78.
120. **Hjelmstedt A, Asplund S.** Congenital dislocation of the hip: a biomechanical study in autopsy specimens. *J Pediatr Orthop.* 1983 Sep;3(4):491-7.

Bibliografia.

121. **Hoaglund FT, Healey JH.** Osteoarthritis and congenital dysplasia of the hip in family members of children who have congenital dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Am.* 1990 Dec;72(10):1510-8. Erratum in: *J Bone Joint Surg Am* 1991 Feb;73(2):293.
122. **Howorth B.** Development of present knowledge of congenital displacement of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 1977 Jun;(125):68-87.
123. **Hughes PC, Tanner JM.** A radiographic study of the growth of the rat pelvis. *J Anat.* 1973 Apr;114(Pt 3):439-48.
124. **Humphry GM.** Human Skeleton. Cambridge, MacMillan and Co; 1858.
125. **Ihemelandu EC, Cardinet GH 3rd, Guffy MM, Wallace LJ.** Canine hip dysplasia: differences in pectineal muscles of healthy and dysplastic German Shepherd dogs when two months old. *Am J Vet Res.* 1983 Mar;44(3):411-6.
126. **Ippolito E, Ishii Y, Ponseti IV.** Histologic, histochemical, and ultrastructural studies of the hip joint capsule and ligamentum teres in congenital dislocation of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 1980 Jan-Feb;(146):246-58.
127. **Ippolito E, Tovaglia V, Caterini R.** Mechanisms of acetabular growth in the foetus in relation to the pathogenesis and treatment of congenital dislocation of the hip. *Ital J Orthop Traumatol.* 1984 Dec;10(4):501-10.
128. **Ishiko T, Naito M, Moriyama S.** Tensile properties of the human acetabular labrum-the first report. *J Orthop Res.* 2005 Nov;23(6):1448-53.
129. **Jacobsen S, Sonne-Holm S, Lund B, Soballe K, Kiaer T, Røvsing H, Monrad H.** Pelvic orientation and assessment of hip dysplasia in adults. *Acta Orthop Scand.* 2004 Dec;75(6):721-9.
130. **Jacobsen S, Romer L, Soballe K.** Degeneration in dysplastic hips. A computer tomography study. *Skeletal Radiol.* 2005 Dec;34(12):778-84.
131. **Jacobsen S, Sonne-Holm S, Soballe K, Gebuhr P, Lund B.** Hip dysplasia and osteoarthritis: a survey of 4151 subjects from the Osteoarthritis Substudy of the Copenhagen City Heart Study. *Acta Orthop.* 2005 Apr;76(2):149-58.
132. **Jacobsen S, Sonne-Holm S, Soballe K, Gebuhr P, Lund B.** Joint space width in dysplasia of the hip: a case-control study of 81 adults followed for ten years. *J Bone Joint Surg Br.* 2005 Apr;87(4):471-7.
133. **Jacobsen S, Sonne-Holm S.** Hip dysplasia: a significant risk factor for the development of hip osteoarthritis. A cross-sectional survey. *Rheumatology (Oxford).* 2005 Feb;44(2):211-8.
134. **James S, Miocevic M, Malara F, Pike J, Young D, Connell D.** MR imaging findings of acetabular dysplasia in adults. *Skeletal Radiol.* 2006 Jun;35(6):378-84.
135. **Johnson WL, Jindrich DL, Roy RR, Reggie Edgerton V.** A three-dimensional model of the rat hindlimb: musculoskeletal geometry and muscle moment arms. *J Biomech.* 2008;41(3):610-9.
136. **Junqueira LC, Bignolas G, Brentani RR.** Picrosirius staining plus polarization microscopy, a specific method for collagen detection in tissue sections. *Histochem J.* 1979 Jul;11(4):447-55.

Bibliografia.

137. **Kelly BT, Shapiro GS, Digiovanni CW, Buly RL, Potter HG, Hannafin JA.** Vascularity of the hip labrum: a cadaveric investigation. *Arthroscopy*. 2005 Jan;21(1):3-11.
138. **Kember NF.** Patterns of cell division in the growth plates of the rat pelvis. *J Anat*. 1973 Dec;116(Pt 3):445-52.
139. **Kim YH.** Acetabular dysplasia and osteoarthritis developed by an eversion of the acetabular labrum. *Yonsei Med J*. 1984 Feb; 25 (2):297-104.
140. **Kim YH, Kim JS.** Total hip arthroplasty in adult patients who had developmental dysplasia of the hip. *J Arthroplasty*. 2005 Dec;20(8):1029-36.
141. **Kim HT, Wenger DR.** Location of acetabular deficiency and associated hip dislocation in neuromuscular hip dysplasia: threedimensional computed tomographic analysis. *J Pediatr Orthop* 1997;17:143-51.
142. **Klaue K, Durnin C W, Ganz R.** The acetabular rim syndrome: a clinical presentation of dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg* 1991; 73-B:423-429.
143. **Kliscic PJ.** Congenital dislocation of the hip--a misleading term: brief report. *J Bone Joint Surg Br*. 1989 Jan;71(1):136.
144. **Kojima S, Kobayashi S, Saito N, Nawata M, Horiuchi H, Takaoka K.** Morphological characteristics of the bony birth canal in patients with developmental dysplasia of the hip (DDH): investigation by three-dimensional CT. *J Orthop Sci*. 2001;6(3):217-22.
145. **Konrath GA, Hamel AJ, Olson SA, Bay B, Sharkey NA.** The role of the acetabular labrum and the transverse acetabular ligament in load transmission in the hip. *J Bone Joint Surg Am*. 1998 Dec;80(12):1781-8.
146. **Kuba A.** Growth disturbance of the acetabulum by damage to the triradiate cartilage of rabbits. *Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi*. 1986 Feb;60(2):215-25.
147. **Kubo T, Horii M, Yamaguchi J, Terauchi R, Wu Y, Hasegawa Y, Enoki Y, Tsuchihashi Y, Hirasawa Y.** Radial magnetic resonance imaging and pathological findings of acetabular labrum in dysplastic hips. *Pathophysiology*. 2000 Sep;7(3):171-175.
148. **Kurrt HJ, Oberlander W.** The thickness of the cartilage in the hip joint. *J Anat*. 1978 May;126(Pt 1):145-55.
149. **Langenskiold A, Sarpio O, Michelsson JE.** Experimental dislocation of the hip in the rabbit. *J Bone Joint Surg Br*. 1962 ;44(1):209-15.
150. **Last RJ.** Some anatomical details of the knee joint. *J Bone Joint Surg Am*. 1948 Nov; 30B(4):683-8.
151. **Laurenson RD.** Bilateral anomalous development of the hip joint. post mortem study of a human fetus, twenty-six weeks old. *J Bone Joint Surg Am*. 1964 mar; 46:283-92.
152. **Laurenson RD.** Development of the acetabular roof in the fetal hip. *J Bone Joint Surg Am*. 1965 ; 47: 975-83.
153. **Lazennec JY, Laudet CG, Guerin-Surville H, Roy-Camille R, Saillant G.** Dynamic anatomy of the acetabulum: an experimental approach and surgical implications. *Surg Radiol Anat*. 1997;19(1):23-30.

Bibliografía.

154. **Le Vay D.** The History of Orthopaedics. New Jersey: Parthenon publishing Group; 1989. p509-527.
155. **Lee J, Jarvis J, Uhthoff HK, Avruch L.** The fetal acetabulum. A histomorphometric study of acetabular anteversion and femoral head coverage. Clin Orthop Relat Res. 1992 Aug; (281):48-55.
156. **Lee MC, Eberson CP.** Growth and development of the child's hip. Orthop Clin North Am. 2006 Apr;37(2):119-32.
157. **Leunig M, Beck M, Stauffer E, Hertel R, Ganz R.** Free nerve endings in the ligamentum capitis femoris. Acta Orthop Scand. 2000 Oct;71(5):452-4.
158. **Li PL, Ganz R.** Morphologic features of congenital acetabular dysplasia: one in six is retroverted. Clin Orthop Relat Res. 2003 Nov;(416):245-53.
159. **Liporace FA, Ong B, Mohaideen A, Ong A, Koval KJ.** Development and injury of the triradiate cartilage with its effects on acetabular development: review of the literature. J Trauma. 2003 Jun;54(6):1245-9.
160. **Lohe F, Eckstein F, Sauer T, Putz R.** Structure, strain and function of the transverse acetabular ligament. Acta Anat (Basel). 1996;157(4):315-23.
161. **Lokietek W, Legaye J.** [Y-shaped cartilage in the development of the normal pelvis and in congenital hip dislocation] Acta Orthop Belg. 1990;56(1 Pt A):23-31.
162. **Lovejoy CO.** The natural history of human gait and posture. Part 1. Spine and pelvis. Gait Posture. 2005 Jan;21(1):95-112.
163. **Lowry CA, Donoghue VB, O'Herlihy C, Murphy JF.** Elective Caesarean section is associated with a reduction in developmental dysplasia of the hip in term breech infants. J Bone Joint Surg Br. 2005 Jul;87(7):984-5.
164. **Lozano Monzón, R.** Anatomía filosófica. Madrid: Ed. Bailly-Bailliere e Hijos; 1898. p.170.
165. **Lust G, Craig PH, Geary JC, Ross GE Jr.** Changes in pelvic muscle tissue associated with hip dysplasia in dogs. Am J Vet Res 1972; 33: 1097-108.
166. **Lust G, Craig PH, Ross GE, Geary JC.** Studies on pectineus muscle in canine hip dysplasia. Cornell Vet 1972; 62:628-45.
167. **Lust G.** An overview of the pathogenesis of canine hip dysplasia. J Am Vet Med Assoc. 1997 May 15;210(10):1443-5.
168. **Maquet P.** Biomechanics of hip dysplasia. Acta Orthop Belg. 1999 Sep;65(3):302-14.
169. **Massie WK, Howorth MB.** Congenital dislocation of the hip. III. Pathogenesis. J Bone Joint Surg Am. 1951 Jan;33-A (1):190-8.
170. **Massie WK, Howorth MB.** Congenital dislocation of the hip. I. Method of grading results. J Bone Joint Surg Am. 1950 Jan;32-A (3) :519-31.
171. **Mast JW, Brunner RL, Zebrack J.** Recognizing acetabular version in the radiographic presentation of hip dysplasia. Clin Orthop Relat Res. 2004 Jan;(418):48-53.

Bibliografija.

172. **Masuko J.** Morphological study of the acetabular roof in experimental dislocation of the hip joint of young rabbits. Changes in the dislocated hip joint and the formation of new articulation. *Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi*. 1967 Jan;40(10):1331-47.
173. **Mavcic B, Pompe B, Antolic V, Daniel M, Iglic A, Kralj-Iglic V.** Mathematical estimation of stress distribution in normal and dysplastic human hips. *J Orthop Res*. 2002 Sep;20(5):1025-30.
174. **McCarroll HR.** Primary anterior congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am*. 1948;30:416-21.
175. **McCarroll HR.** Diagnosis and treatment of congenital subluxation (Dysplasia) and dislocation of the hip in infancy. *J Bone Joint Surg* 1965; 47A:612-8.
176. **McCarthy JC, Mason JB, Wardell SR.** Hip arthroscopy for acetabular dysplasia: a pipe dream? *Orthopedics*. 1998 Sep;21(9):977-9.
177. **McCarthy JC, Lee JA.** Acetabular dysplasia: a paradigm of arthroscopic examination of chondral injuries. *Clin Orthop Relat Res*. 2002 Dec;(405):122-8.
178. **McCarthy JJ, Scoles PV, MacEwen GD.** Developmental dysplasia of the hip. *Curr Orthop*. 2005; 19: 223-30.
179. **McCarthy JJ, MacEwen GD.** Hip arthroscopy for the treatment of children with hip dysplasia: a preliminary report. *Orthopedics*. 2007 Apr;30(4):262-4.
180. **McKibbin B.** Anatomical factors in the stability of the hip joint in the newborn. *J Bone Joint Surg* 1970; 52B: 148-159.
181. **Mercer SR, Bogduk N.** Intra-articular inclusions of the elbow joint complex. *Clin Anat*. 2007 Aug;20(6):668-76.
182. **Messner K, Gao J.** The menisci of the knee joint. Anatomical and functional characteristics, and a rationale for clinical treatment. *J Anat*. 1998 Aug;193 (Pt 2):161-78
183. **Michaels G, Matles AL.** The role of the ligamentum teres in congenital dislocation of the hip. *Clin Orthop Relat Res*. 1970;71:199-201.
184. **Michelsson JE, Langenskiöld A.** Dislocation or subluxation of the hip. Regular sequels of immobilization of the knee in extension of young rabbits. *J Bone Joint Surg Am*. 1972 Sep;54(6):1177-86.
185. **Milgram JW, Tachdjian MO.** Pathology of the limbus in untreated teratologic congenital dislocation of the hip. A case report of a ten-month-old- infant. *Clin Orthop Relat Res*. 1976 Sep;(119):107-11.
186. **Milz S, Valassis G, Buttner A, Maier M, Putz R, Ralphs JR, Benjamin M.** Fibrocartilage in the transverse ligament of the human acetabulum. *J Anat*. 2001 Feb;198(Pt 2):223-8.
187. **Milz S, Sicking B, Sprecher CM, Putz R, Benjamin M.** An immunohistochemical study of the triangular fibrocartilage complex of the wrist: regional variations in cartilage phenotype. *J Anat*. 2007 Jul;211(1):1-7.

Bibliografia.

188. **Miozzari HH, Clark JM, Jacob HA, von Rechenberg B, Notzli HP.** Effects of removal of the acetabular labrum in a sheep hip model. *Osteoarthritis Cartilage*. 2004 May;12(5):419-30.
189. **Mitchell GP.** Arthrography in congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg*. 1963; 45B:88-95.
190. **Moore AL, Moore AP, Brodbelt DC, Owen MR, Draper ER.** Regional load bearing of the canine acetabulum. *J Biomech*. 2007;40(16):3732-7.
191. **Moseley CF.** The biomechanics of the pediatric hip. *Orthop Clin North Am*. 1980 Jan;11(1):3-16.
192. **Muratli HH, Bicimoglu A, Tabak YA, Celebi L, Pakel I.** Mechanoreceptor evaluation of hip joint capsule and ligamentum capitis femoris in developmental hip dysplasia: a preliminary study. *J Pediatr Orthop B*. 2004 Sep;13(5):299-302.
193. **Negri C, Tricarico A, Iorio L.** The importance of the acetabular rim in the genesis of congenital hip dysplasia. Experimental research. *Ital J Orthop Traumatol*. 1977 Aug;3(2):219-25.
194. **Nowlan NC, Murphy P, Prendergast PJ.** Mechanobiology of embryonic limb development. *Ann N Y Acad Sci*. 2007 Apr;1101:389-411.
195. **Oda H, Igarashi M, Hayashi Y, Karube S, Inoue S, Sakaguchi R, Kimizuka M.** Soft tissue collagen in congenital dislocation of the hip. Biochemical studies of the ligamentum teres of the femur and the hip joint capsule. *Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi*. 1984 Mar;58(3):331-8.
196. **Ogata S, Moriya K, Akita T, Kamegaya M, Someya M.** Acetabular cover in congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg* 1990; 72-B:190–196.
197. **Ohlerth S, Busato A, Rauch M, Weber U, Lang J.** Comparison of three distraction methods and conventional radiography for early diagnosis of canine hip dysplasia. *J Small Anim Pract*. 2003 Dec;44(12):524-9.
198. **Ok IY.** Acetabular remodelling after reduction in developmental dysplasia of the hip. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2004 Jun;12(1):1-3.
199. **Ono T.** Bone dynamics of the acetabulum in experimental subluxation of the hip joint and its repair process *Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi*. 1987 Feb;61(2):205-15.
200. **Ooishi T.** Experimental study on the etiology of pathogenesis of acetabular dysplasia in congenital dislocation of the hip. *Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi*. 1990 Oct;64(10):958-75.
201. **Orts Llorca, F.** Anatomía Humana. Tomo I. 5ª ed. Barcelona: Ed. Científico-médica; 1984.
202. **Padilla Esteban ML, Nogales Espert A, Curto de la Mano A, Garcia-Siso Pardo JM.** Incidence of congenital hip dislocation in 40,243 live births (II). *An Esp Pediatr*. 1990; 33:539-541.

Bibliografija.

203. **Papavasiliou VA, Piggott H.** Acetabular floor thickening and femoral head enlargement in congenital dislocation of the hip: lateral displacement of femoral head. *J Pediatr Orthop.* 1983 Feb;3(1):22-7.
204. **Petersen W, Petersen F, Tillmann B.** Structure and vascularization of the acetabular labrum with regard to the pathogenesis and healing of labral lesions. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2003 Jul;123(6):283-8.
205. **Petersilge CA.** From the RSNA Refresher Courses. Radiological Society of North America. Chronic adult hip pain: MR arthrography of the hip. *Radiographics.* 2000 Oct;20 Spec No:S43-52.
206. **Pinkerton JH.** Some aspects of the evolution and comparative anatomy of the human pelvis. *J Obstet Gynaecol Br Commonw.* 1973 Feb;80(2):97-102.
207. **Pompe B, Antolic V, Iglic A, Kralj-Iglic V, Mavcic B, Smrke D.** Evaluation of biomechanical status of dysplastic human hips. *Pflugers Arch.* 2000;440(5 Suppl):R202-3.
208. **Pompe B, Daniel M, Sochor M, Vengust R, Kralj-Iglic V, Iglic A.** Gradient of contact stress in normal and dysplastic human hips. *Med Eng Phys.* 2003 Jun;25(5):379-85.
209. **Ponseti IV.** Growth and development of the acetabulum in the normal child: anatomical, histological, and reontgenographic studies. *J Bone Joint Surg Am* 1978;60:575-85.
210. **Ponseti IV.** Morphology of the acetabulum in congenital dislocation of the hip. Gross, histological and roentgenographic studies. *J Bone Joint Surg Am.* 1978 Jul;60(5):586-99.
211. **Portinaro NM, Matthews SJ, Benson MK.** The acetabular notch in hip dysplasia. *J Bone Joint Surg Br.* 1994 Mar;76(2):271-3.
212. **Portinaro NM, Murray DW, Benson MK.** Microanatomy of the acetabular cavity and its relation to growth. *J Bone Joint Surg Br.* 2001 Apr;83(3):377-83.
213. **Privat J.** *Ortopedia.* Barcelona: Ed. Pubul; 1924. p.500-536.
214. **Raab P, Lohr J, Krauspe R.** Remodeling of the acetabulum after experimental hip joint dislocation--an animal experiment study of the rabbit. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1998 Nov-Dec;136(6):519-24.
215. **Ralis Z, McKibbin B.** Changes in shape of the human hip joint during its development and their relation to its stability. *J Bone Joint Surg Br.* 1973 Nov;55(4):780-5.
216. **Ranawat AS, Kelly BT.** Anatomy of the hip: Open and arthroscopic structure and function. *Oper Tech Orthop* 2005; 15: 160-174.
217. **Ranawat AS, Kelly BT.** Function of the labrum and management of labral pathology. *Oper Tech Orthop* 2005; 15: 239- 246.
218. **Rang M.** *Anthology of Orthopaedics.* Edinburgh: Churchill Livingstone; 1966. p128-130.
219. **Reikeras O, Bjerkreim I, Kolbenstvedt A.** Anteversion of the acetabulum in patients with idiopathic increased anteversion of the femoral neck. *Acta Orthop Scand.* 1982 Dec;53(6):847-52.
220. **Remedios AM, Fries CL.** Treatment of canine hip dysplasia: a review. *Can Vet J.* 1995 Aug;36(8):503-9.

Bibliografía.

221. **Renshaw TS.** Inadequate reduction of congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am.* 1981 Sep;63(7):1114-21.
222. **Riser WH, Shirer JF.** Correlation between canine hip dysplasia and pelvic muscle mass: A study of 95 dogs. *Am J Vet Res* 1967; 124:769-77.
223. **Rissech C, Sanudo JR, Malgosa A.** The acetabular point: a morphological and ontogenetic study. *J Anat.* 2001 Jun;198(Pt 6):743-8.
224. **Robertson WJ, Kadrmaz WR, Kelly BT.** Arthroscopic management of labral tears in the hip: a systematic review of the literature. *Clin Orthop Relat Res.* 2007 Feb;455:88-92.
225. **Rocková H, Rocek Z.** Development of the pelvis and posterior part of the vertebral column in the Anura. *J Anat.* 2005 Jan;206(1):17-35.
226. **Rooker GD.** The embryological congruity of the human hip joint. *Ann R Coll Surg Engl.* 1979 Sep;61(5):357-61.
227. **Roper A.** Hip dysplasia in the African Bantu. *J Bone Joint Surg Br.* 1976 May;58(2):155-8.
228. **Ruff CB.** Mechanical determinants of bone form: insights from skeletal remains. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2005 Jul-Sep;5(3):202-12.
229. **Salter RB.** Innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 1961, 43:518-39.
230. **Salter RB.** Role of innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip in the older child. *J Bone Joint Surg Am.* 1966 Oct;48(7):1413-39.
231. **Sanchís Olmos V.** Manual de clínica ortopédica infantil. Barcelona: Ed. Científico Médica; 1941.
232. **Sanz Laguna A.** Lesiones traumáticas del cartílago trirradiado. Estudio experimental. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid; 1989.
233. **Sappey C.** Tratado de anatomía descriptiva. Tomo I. Madrid, Bailly-Bailliere; 1874. p.335-357.
234. **Sarban S, Baba F, Kocabey Y, Cengiz M, Isikan UE.** Free nerve endings and morphological features of the ligamentum capitis femoris in developmental dysplasia of the hip. *J Pediatr Orthop B.* 2007 Sep;16(5):351-6.
235. **Scaglietti O, Calandriello B.** Open reduction of congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 1962 May;44-B:257-83.
236. **Schoenecker PL, Lesker PA, Ogata K.** A dynamic canine model of experimental hip dysplasia. Gross and histological pathology, and the effect of position of immobilization on capital femoral epiphyseal blood flow. *J Bone Joint Surg Am.* 1984 Oct;66(8):1281-8.
237. **Scuderi G, Bronson MJ.** Triradiate cartilage injury. Report of two cases and review of the literature. *Clin Orthop Relat Res.* 1987 Apr;(217):179-89.
238. **Seldes RM, Tan V, Hunt J, Katz M, Winiarsky R, Fitzgerald RH Jr.** Anatomy, histologic features, and vascularity of the adult acetabular labrum. *Clin Orthop Relat Res.* 2001 Jan; (382):232-40.

Bibliografía.

239. **Seringe R, Kharrat K.** [Congenital dysplasia and dislocation of the hip. Pathological anatomy in the newborn and infant (author's transl)] Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1982;68(3):145-60.
240. **Serrat MA, Reno PL, McCollum MA, Meindl RS, Lovejoy CO.** Variation in mammalian proximal femoral development: comparative analysis of two distinct ossification patterns. J Anat. 2007 Mar;210(3):249-58.
241. **Sharp IK.** Acetabular dysplasia. The acetabular angle. J Bone Joint Surg [Br] 1961 ; 43:268-272.
242. **Shefelbine SJ, Carter DR.** Mechanobiological predictions of growth front morphology in developmental hip dysplasia. J Orthop Res. 2004 Mar;22(2):346-52.
243. **Sheldon RS.** Ciencias básicas en ortopedia. Am Acad Orthop Surg 1997; 1: 207-13.
244. **Sherlock DA, Gibson PH, Benson MK.** Congenital subluxation of the hip. A long-term review. J Bone Joint Surg Br. 1985 May;67(3):390-8.
245. **Sherwood A, Parsons TS.** Anatomia comparada. 5ª ed. México: Ed. Interamericana, 1996.
246. **Shimogaki K, Yasunaga Y, Ochi M.** A histological study of articular cartilage after rotational acetabular osteotomy for hip dysplasia. J Bone Joint Surg Br. 2005 Jul;87(7):1019-23.
247. **Siffert RS, Feldman DJ.** The growing hip: the dynamic development of the normal adult hip and the deformed hip of Legg-Calve-Perthes' disease. Acta Orthop Belg. 1980 Jul-Aug;46(4):443-76.
248. **Siffert RS.** Patterns of deformity of the developing hip. Clin Orthop Relat Res. 1981 Oct; (160):14-29.
249. **Sijbrandij S.** Dislocation of the hip in young rats produced experimentally by prolonged extension. J Bone Joint Surg Br. 1965 Nov;47(4):792-5.
250. **Singh S, Hee HT, Low YP.** Significance of the lateral epiphysis of the acetabulum to hip joint stability. J Pediatr Orthop. 2000 May-Jun;20(3):344-8.
251. **Singh S.** Significance of the lateral epiphysis of the acetabulum to hip joint stability. Ann Acad Med Singapore. 2003; 32: 252-6.
252. **Smith WS, Coleman CR, Alex ML et al:** Etiology of congenital dislocation of the hip. J Bone Joint Surg 1963; 45A:491-500.
253. **Soini J, Ritsila V.** Experimentally produced growth disturbance of the acetabulum in young rabbits. Acta Orthop Scand. 1984 Feb;55(1):14-7.
254. **Somerville EW.** Open reduction in congenital dislocation of the hip. J Bone Joint Surg Br. 1953 Aug;35-B(3):363-71.
255. **Somerville EW.** Development of congenital dislocation of the hip. J Bone Joint Surg Br. 1953 Nov;35-B(4):568-77.
256. **Somerville EW.** Persistent foetal alignment of the hip. J Bone Joint Surg Br. 1957 Feb;39-B(1):106-13.

Bibliografía.

257. **Soren A.** On the etiology of congenital malformation of the meniscus. Arch Orthop Trauma Surg. 1985;104(5):283-8.
258. **Spoor CW, van Leeuwen JL, de Windt FH, Huson A.** A model study of muscle forces and joint-force direction in normal and dysplastic neonatal hips. J Biomech. 1989;22(8-9):873-84.
259. **Staheli LT, Dion M, Tuell JJ.** The effect of the inverted limbus on closed management of congenital hip dislocation. Clin Orthop Relat Res. 1978 Nov-Dec;(137):163-6.
260. **Stanisavljevic S, Mitchell CL.** Congenital dysplasia, subluxation, and dislocation of the hip in stillborn and newborn infants. J Bone Joint Surg Am. 1963 sep; 45:1147-58.
261. **Stewart DB. The pelvis as a passageway. II.** The modern human pelvis. Br J Obstet Gynaecol. 1984 Jul;91(7):618-23.
262. **Strayer LM.** The embryology of the human hip joint. Clin Orthop Rel Res 1971; 74:221-240.
263. **Sugano N, Noble PC, Kamaric E, Salama JK, Ochi T, Tullos HS.** The morphology of the femur in developmental dysplasia of the hip. J Bone Joint Surg Br. 1998 Jul;80(4):711-9.
264. **Sutton JB.** Ligaments. Their nature and morphology. 2^a ed. London: H.K. Lewis; 1897.
265. **Suzuki S, Yamamuro T.** Correlation of fetal posture and congenital dislocation of the hip. Acta Orthop Scand. 1986 Feb;57(1):81-4.
266. **Suzuki S, Yamamuro T.** The mechanical cause of congenital dislocation of the hip joint. Dynamic ultrasound study of 5 cases. Acta Orthop Scand. 1993 Jun;64(3):303-4.
267. **Suzuki S, Kashiwagi N, Seto Y, Mukai S.** Location of the femoral head in developmental dysplasia of the hip: three-dimensional evaluation by means of magnetic resonance image. J Pediatr Orthop. 1999 Jan-Feb; 19(1):88-91.
268. **Tachdjian MO.** Congenital dislocation of the hip. New York: Churchill Livingstone; 1982.
269. **Tallroth K, Lepisto J.** Computed tomography measurement of acetabular dimensions: normal values for correction of dysplasia. Acta Orthop. 2006 Aug;77(4):598-602.
270. **Testut L, Latarjet A.** Anatomía Humana. Tomo primero. Barcelona: Ed. Salvat; 1984.
271. **Thieme WT, Wynne-Davies R.** Clinical examination and urinary oestrogen assays in newborn children with congenital dislocation of the hip. J Bone Joint Surg Br. 1968 Aug;50(3):546-50.
272. **Tillaux, B.** Anatomía Topográfica. Tomo I. Barcelona: José Espasa, editor; 1880.
273. **Tobin WJ.** An atlas of the comparative anatomy of the upper end of the femur. I. Further evidence and confirmation of Wolff's Law of the femur. I. Further evidence and confirmation of Wolff's Law of Bone Transformation. Clin Orthop Relat Res. 1968 Jan-Feb;56:83-103.
274. **Tönis D.** Congenital Dysplasia and Dislocation of the Hip. Berlin: Springer-Verlag; 1984.
275. **Trueta J, Harrison MH.** The normal vascular anatomy of the femoral head in adult man. J Bone Joint Surg Br. 1953 Aug;35-B(3):442-61.

Bibliografia.

276. **Trueta J.** The normal vascular anatomy of the human femoral head during growth. *J Bone Joint Surg Br.* 1957 May;39-B(2):358-94.
277. **Trueta J, Trias A.** The vascular contribution to osteogenesis. IV. The effect of pressure upon the epiphysial cartilage of the rabbit. *J Bone Joint Surg Br.* 1961 Nov;43-B:800-13.
278. **Trueta J.** La estructura del cuerpo humano. Barcelona: Ed. Labor; 1975.
279. **Uysal II, Salbacak A, Kapicioglu MIS, Buyukmumcu M, Seker M, Cicekcibasi.** An investigation of the acetabulum, the femoral head and the ligament of femoral head in human fetuses. *Turk J Med Sci* 2004; 34: 301-307.
280. **Vialleton L.** Membres et ceintures des vertébrés tétrapodes. Paris: Librairie Octave Doin; 1924.
281. **Von Heideken J, Green DW, Burke SW, Sindler K, Denneen J, Haglund-Akerlind Y, Widmann RF.** The relationship between developmental dysplasia of the hip and congenital muscular torticollis. *J Pediatr Orthop.* 2006 Nov-Dec;26(6):805-8.
282. **Walker JM.** Congenital hip disease in a Cree-Ojibwa population: a retrospective study. *Can Med Assoc J.* 1977 Mar 5;116(5):501-4.
283. **Walker JM.** Growth characteristics of the fetal ligament of the head of femur: significance in congenital hip disease. *Yale J Biol Med.* 1980 Jul-Aug;53(4):307-16.
284. **Walker JM.** Morphological variants in the human fetal hip joint. *J Bone Joint Surg [Am]* 1980;62:1073–82.
285. **Walker JM.** Histological study of the fetal development of the human acetabulum and labrum: significance in congenital hip disease. *Yale J Biol Med.* 1981 Jul-Aug;54(4):255-63.
286. **Walker JM, Goldsmith CH.** Morphometric study of the fetal development of the human hip joint: significance for congenital hip disease. *Yale J Biol Med.* 1981 Nov-Dec;54(6):411-37.
287. **Walker JM.** Comparison of normal and abnormal human fetal hip joints: a quantitative study with significance to congenital hip disease. *J Pediatr Orthop.* 1983 May;3(2):173-83.
288. **Watanabe RS.** Embryology of the human hip. *Clin Orthop Relat Res.* 1974 Jan-Feb;(98):8-26.
289. **Wedge JH, Wasylenko MJ.** The natural history of congenital dislocation of the hip: a critical review. *Clin Orthop* 1978;137:154–62.
290. **Weinberg H, Pogrund H.** Effect of pelvic inclination on the pathogenesis of congenital hip dislocation. *Isr J Med Sci.* 1980 Apr;16(4):229-33.
291. **Weinstein SL, Ponseti IV.** Congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am.* 1979 Jan;61(1):119-24.
292. **Weinstein SL.** Natural history of congenital hip dislocation (CDH) and hip dysplasia. *Clin Orthop* 1987;225:62–76.
293. **Weinstein SL.** Natural history and treatment outcomes of childhood hip disorders. *Clin Orthop Relat Res.* 1997 Nov;(344):227-42.

Bibliografia.

294. **Weissman SL.** Congenital dysplasia of the hip. J Bone Joint Surg 1954; 36B: 385-396.
295. **Wenger D, Miyanji F, Mahar A, Oka R.** The mechanical properties of the ligamentum teres: a pilot study to assess its potential for improving stability in children's hip surgery. J Pediatr Orthop. 2007 Jun;27(4):408-10.
296. **Wilkinson JA.** Femoral anteversion in the rabbit. J Bone Joint Surg 1962; 44B:386-397.
297. **Wilkinson JA.** Prime factors in the etiology of congenital dislocation of the hip. J Bone Joint Surg 1963; 45B:269-283.
298. **Wilkinson JA.** Congenital displacement of the hip. Berlin: Springer-Verlag; 1985.
299. **Won YY, Chung IH, Chung NS, Song KH.** Morphological study on the acetabular labrum. Yonsei Med J. 2003 Oct 30;44(5):855-62.
300. **Wynne-Davies R.** Acetabular dysplasia and familial joint laxity: two etiological factors in congenital dislocation of the hio. A review of 589 patients and their families. J Bone Joint Surg Br 1970; 52(4): 704-16.
301. **Wynne-Davies R.** A family study of neonatal and late-diagnosis congenital dislocation of the hip. J Med Genet. 1970 Dec;7(4):315-33.
302. **Wynne-Davies R, Littlejohn A, Gormley J.** Aetiology and interrelationship of some common skeletal deformities. (Talipes equinovarus and calcaneovalgus, metatarsus varus, congenital dislocation of the hip, and infantile idiopathic scoliosis). J Med Genet. 1982 Oct;19(5):321-8.
303. **Yamamuro T, Ishida K.** Recent advances in the prevention, early diagnosis, and treatment of congenital dislocation of the hip in Japan. Clin Orthop Relat Res. 1984 Apr;(184):34-40.
304. **Yamamuro T, Hama H, Takeda T, Shikata J, Sanada H.** Biomechanical and hormonal factors in the etiology of congenital dislocation of the hip joint. Int Orthop 1997; 1: 231-6.
305. **Yoshida G, Hirano T, Shindo H.** Deformation and vascular occlusion of the growing rat femoral head induced by mechanical stress. J Orthop Sci. 2000;5(5):495-502.
306. **Yutani Y, Yano Y, Ohashi H, Takigawa M, Yamano Y.** Cartilaginous differentiation in the joint capsule. J Bone Miner Metab. 1999;17(1):7-10.
307. **Zhou G, Zheng Q, Engin F, Munivez E, Chen Y, Sebald E, Krakow D, Lee B.** Dominance of SOX9 function over RUNX2 during skeletogenesis. Proc Natl Acad Sci U S A. 2006 Dec 12;103(50):19004-9.